

Gewässerökologisches Gutachten der Pegnitz im Bereich Klärwerk 1

Blatt 1.5

miller ingenieurbüro

Ingenieurbüro Miller
Kieslingstraße 78
D-90491 Nürnberg
Tel: 0911 51990-0
Fax: 0911 51990-80

miller@ibmiller.de
www.ibmiller.de

miller

Gewässerökologisches Gutachten nach WRRL an der Pegnitz im Bereich der Einleitung des Klärwerks 1 der Stadt Nürnberg



Pegnitz flussab der Autobahnbrücke „Frankenschnellweg“, Foto: ÖKON 2019

Auftraggeber: Stadt Nürnberg - Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg
Adolf-Braun-Straße 33A
90429 Nürnberg



Aufgestellt von: Gesellschaft für Landschaftsökologie,
Gewässerbiologie und Umweltplanung mbH
www.oekon.com

Hohenfelser Str. 4, Rohrbach
93183 Kallmünz

Dipl.-Ing. (FH) H. Schmidt /
Dipl.-Ing. (FH) A. Rumm



Bearbeitung: Dipl.-Biol. C. Parzefall
Dipl.-Biol. J. Krüger
Cand. M. Sc. M. Nissl
Dr. K. Lengfellner
A. Ebenbeck

In Zusammenarbeit mit:

IDUS Biol. Analytisches Umweltlabor GmbH,
Robert Bäumler, animus aquae, Neunburg v. Wald

Mai 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zum Projekt	9
2	Anlass und Aufgabenstellung sowie fachlich-rechtliche Grundlagen	10
3	Historische und technische Eckdaten von KW 1 Nürnberg.....	11
4	Charakterisierung des Untersuchungsgebietes und der Messstellen.....	13
4.1	Untersuchungsgebiet und derzeitiger gewässerökologischer Zustand der Pegnitz.....	13
4.2	Probestellen der gewässerökologischen Untersuchung	15
4.2.1	Probestelle 1.....	18
4.2.2	Probestelle 2.....	19
4.2.3	Probestelle 3.....	20
4.3	Weitere Einleitungen der SUN im Untersuchungsgebiet.....	24
5	Temperatur- und Abflussverhältnisse an der Pegnitz im Untersuchungszeitraum	25
6	Untersuchung der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter (ACP)	27
6.1	Methodik.....	27
6.2	Ergebnisse der Erhebungen der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter	30
6.2.1	Physikalisch-chemische Standardparameter.....	30
6.2.2	Ergebnisse der Nährstoffanalyse und weiterer chemischer Parameter.....	33
6.3	Diskussion der Erhebungen der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter	43
6.3.1	Physikalisch-chemische Standardparameter und Ionen.....	43
6.3.2	Nährstoffe, Abwasserparameter und Schwermetalle	45
6.4	Daten aus der Eigenüberwachung von KW 1	48
6.4.1	Nährstoffanalytik	48
6.4.2	Schadstoffanalytik.....	49
6.5	Arzneimitteluntersuchungen durch SUN	51
6.6	Einfluss von Niederschlagsereignissen auf die Gewässerchemie	52
7	Untersuchung der biologischen QK Makrozoobenthos	56
7.1	Methodik und Probenahme	56
7.2	Ergebnisse der biologischen QK Makrozoobenthos	58
7.2.1	Substratzusammensetzung nach Multi-Habitat-Sampling	58
7.2.2	Taxaliste, Diversität und funktionelle Gruppen der MZB-Lebensgemeinschaften	59
7.2.3	Bewertung nach der Wasserrahmenrichtlinie	65
7.3	Diskussion der Ergebnisse der QK Makrozoobenthos.....	67
8	Untersuchung der biologischen QK Makrophyten und Phytobenthos.....	69
8.1	Methodik und Probenahme	69
8.2	Ergebnisse der biologischen QK Makrophyten und Phytobenthos	72

8.2.1	Taxalisten und Charakterisierung der Makrophyten- und Phytobenthosbesiedlung	72
8.2.2	Bewertung der QK Makrophyten und Phytobenthos nach WRRL	79
8.3	Diskussion der Ergebnisse der QK Makrophyten und Phytobenthos	80
9	Untersuchung der biologischen QK Fische	82
9.1	Untersuchungsbereich	82
9.1.1	Probestrecke PS 1_F	83
9.1.2	Probestrecke PS 2_F	84
9.1.3	Probestrecke PS 3_F	85
9.1.4	Probestrecke PS 4_F	87
9.2	Methodik und Probenahme	88
9.3	Ergebnisse zum Fischbestand des Untersuchungsgebietes.....	91
9.3.1	Fischbestand bei Probestrecke PS 1_F	91
9.3.2	Fischbestand bei Probestrecke PS 2_F	92
9.3.3	Fischbestand bei Probestrecke PS 3_F	94
9.3.4	Fischbestand bei Probestrecke PS 4_F	95
9.3.5	Gefährdungstatus der Artnachweise der Probestellen PS 1_F bis PS 4_F	97
9.3.6	Auswertung der Fang- und Besatzlisten 2016 bis 2018	98
9.3.7	Elektrobefischungen Fischereifachberatung (FFB) Bezirk Mittelfranken	99
9.3.8	Gesamtübersicht Fischbestand	100
9.4	Bewertung der QK Fische nach der Wasserrahmenrichtlinie.....	101
9.4.1	Vergleich der Ergebnisse von PS 1_F und PS 2_F (gepoolt) sowie von PS 3_F und PS 4_F (gepoolt) zur Referenz-Fischzönose	101
9.4.2	Ökologische Zustandsklasse anhand der Qualitätsmerkmale.....	103
9.5	Diskussion der Ergebnisse der QK Fische und Maßnahmenvorschläge	106
10	Bioakkumulationstest.....	116
11	Beibeobachtungen	117
12	Zusammenfassung	119
13	Fazit der Untersuchungen und Empfehlungen	123
14	Literaturverzeichnis	126
Anhang	130

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Historische Eckdaten des KW 1, entnommen aus SUN (2018).....	12
Tab. 2: Verortung der Probestellen nach Gauß-Krüger-Zone 4.....	17
Tab. 3: Ergebnis der GSK (06.06.2019) durch ÖKON nach dem bayerischen Vor-Ort-Verfahren (LfU 2015f).....	21
Tab. 4: Misch- und Niederschlagswassereinleitstellen von SUN in die Pegnitz zwischen Ledererstieg und Stadtgrenze Nürnberg/Fürth mit Angaben gemäß Schmutzfrachtberechnung. Angaben zur Entlastungsfracht beziehen sich auf den CSB.....	24
Tab. 5: Abflussstatistik an der Messstelle Nürnberg Ledererstieg (HND Bayern, letzter Aufruf am 13.10.2020).....	26
Tab. 6: Mischverhältnisse von Abfluss (Q) Pegnitz und Abfluss KW 2 zu Abfluss KW 1 an den einzelnen Probenahmeterminen. Abflüsse sind jeweils in m ³ /s angegeben. Abflussdaten Pegnitz: Pegel Ledererstieg; Abflussdaten KW 1 und KW 2: Eigenüberwachungsdaten SUN.....	26
Tab. 8: Untersuchte ACP und angewandte Analysemethodik im Labor.....	27
Tab. 9: Ergebnisse der Erhebungen der physikalisch-chemischen Standardparameter (elektr. LF: elektrische Leitfähigkeit; T: Temperatur; UZ: Untersuchungszeitraum; Mittelwert T: T_{Winter}/T_{Sommer}).....	30
Tab. 10: Ergebnisse der monatl. Messungen der allgemein-chemischen Parameter und Schwermetalle.	33
Tab. 12: Rechnerisch abgeschätzte Konzentrationen an NH ₄ -N in der Pegnitz bei PS 2 (uh. EL KW 2) und PS 3 (uh. EL KW 1) aus den Ausgangskonzentrationen oberhalb der EL der beiden KW (WRRL-Messstelle Ledererstieg bzw. ARGE-Messstation an der Theodor-Heuß-Brücke) und den aus den WESSLING-Analysen ermittelten Berechnungsfaktoren.....	37
Tab. 14: Berechnete Konzentrationen an NH ₃ und NH ₃ -N bei ARGE-Messstation, PS 2 und PS 3.....	38
Tab. 15: Behördlich festgelegte Grenzwerte für ausgewählte Parameter am Ablauf von KW 1.....	48
Tab. 16: Parameter der Schadstoffanalytik mit Angaben zu JD-UQN gemäß OGewV (2016) und Bewertung.....	50
Tab. 17: Parameterumfang der Arzneimitteluntersuchungen (aus SUN 2011).....	51
Tab. 18: Farbcode der Güteklassifizierung nach der WRRL.....	57
Tab. 20: Probestellen mit GK Zone 4 Koordinaten, Substratzusammensetzung, Strömungseigenschaften, Beschattungszustand und organoleptische Befunde am 06.06.2020.....	58
Tab. 22: Gesamttaxaliste des Makrozoobenthos für die drei MZB-Probestellen am 06.06.2019. Angegeben sind die Individuenzahlen (Ind./m ²) sowie der Gefährdungsstatus (gefährdete Arten sind blau hervorgehoben). RLB: Rote Liste Bayern (Bay. LfU 2003 bzw. 2017); RLD: Rote Liste Deutschland (Binot 1998, erw. Gruttke et al. 2016).....	61
Tab. 24: Bewertungsergebnisse des MZB anhand der WRRL mit Score-Points (0-1).....	65
Tab. 26: Schätzskala zur Häufigkeit der Makrophytenbestände nach Kohler (1978).....	69
Tab. 28: Schätzskala zur Häufigkeit von Phytobenthosaufwuchs nach Schaumburg et al. (2012a).....	69
Tab. 30: Kurzdefinitionen der Bewertungskategorien für die Teilmodule Makrophyten und Phytobenthos ohne Diatomeen (aus Schaumburg et al. 2012b).....	70
Tab. 32: Artenzusammensetzung der Makrophyten an PS 1.....	72
Tab. 34: Artenzusammensetzung der benthischen Diatomeen an PS 1.....	73
Tab. 36: Artenzusammensetzung des Phytobenthos ohne Diatomeen an PS 1.....	74
Tab. 38: Artenzusammensetzung der Makrophyten an PS 2.....	74
Tab. 39: Artenzusammensetzung der benthischen Diatomeen an PS 2.....	75
Tab. 40: Artenzusammensetzung des Phytobenthos ohne Diatomeen an PS 2.....	76

Tab. 41: Artenzusammensetzung der Makrophyten an PS 3.....	77
Tab. 42: Artenzusammensetzung der benthischen Diatomeen an PS 3	77
Tab. 43: Artenzusammensetzung des Phytobenthos ohne Diatomeen an PS 3	79
Tab. 44: Bewertungsergebnisse der QK Makrophyten & Phytobenthos inkl. Diatomeen sowie Gesamtergebnis nach WRRL.	80
Tab. 45: Daten zur Lage und Ausdehnung der Probestrecken PS 1_F bis PS 4_F	82
Tab. 46: Limnologische Standardparameter der Pegnitz an den Befischungstagen	91
Tab. 47: Erfasste Fischarten an PS 1_F (ohne Altersklasse 0+) und Anteil am Gesamtfang.....	91
Tab. 48: Erfasste Fischarten an PS 2_F (ohne Altersklasse 0+) und Anteil am Gesamtfang.....	93
Tab. 49: Erfasste Fischarten an PS 3_F (ohne Altersklasse 0+) und Anteil am Gesamtfang.....	94
Tab. 50: Erfasste Fischarten an PS 4_F (ohne Altersklasse 0+) und Anteil am Gesamtfang.....	96
Tab. 51: Gefährdungsstatus sowie gesetzliche und vereinsinterne Fangbeschränkungen der Artnachweise für PS 1_F bis PS 4_F.....	98
Tab. 52: Gesamtübersicht der Arten der Referenz-Fischzönose (Referenz-AL = Referenz-Artenliste) und der im unteren FWK der Pegnitz nachgewiesenen Arten, geordnet nach Jahren und Art der Bestandserhebung. PS 1-2 bzw. PS 3-4 gibt die gepoolten Nachweise der jeweiligen Probestellen an.	100
Tab. 53: Vergleich Referenz-Fischzönose mit Gesamtfängen von PS 1_F+ 2_F (gepoolt, mit Dummies) ..	101
Tab. 54: Vergleich Referenz-Fischzönose mit Gesamtfängen von PS 3_F+4_F (gepoolt, mit Dummies) ...	103
Tab. 55: Vergleich der Qualitätsmerkmale und Werte der Referenz mit der Teilstrecke PS 1_F+2_F und der Teilstrecke PS 3_F+4_F	104
Tab. 43: Maßnahmenvorschläge zur Strukturverbesserung im Untersuchungsgebiet	111

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Luftbild des Klärwerks 1 (früher „Kläranlage Nord“); Foto Hajo Dietz.....	11
Abb. 2: Übersichtskarte zur Lage der Probestellen der gewässerökologischen Untersuchung.....	15
Abb. 3: Detailkarte zur Lage der Untersuchungsstellen bei Probestelle 1	16
Abb. 4: Detailkarte zur Lage der Untersuchungsstellen bei Probestelle 2	16
Abb. 5: Detailkarte zur Lage der Untersuchungsstellen bei Probestelle 3	17
Abb. 7: PS1 mit Blick flussab (oben) und PS 2 mit Blick flussauf (unten) im Juni 2019	22
Abb. 8: PS 3 unterhalb der Brücke der A73 mit Blick flussauf im August 2019 (oben) und zwischen A73-Brücke und Quellensteg im Juni 2019 (unten).....	23
Abb. 9: Kontinuierliche Einleitung unmittelbar flussab der Brücke der A73 auf Fürther Seite in die Pegnitz im August 2019.....	24
Abb. 10: Abfluss- und Temperaturverhältnisse der Pegnitz am Pegel Lederersteg im Zeitraum der gewässerökologischen Untersuchung..	25
Abb. 12: Sedimentbox zum Aufsammeln der Schwebstoffe (oben links), exponiert in der Pegnitz (oben rechts). Schwebstoffentnahme aus der Sedimentbox (Mitte links & rechts). Abfüllen der Wasserproben mit vorheriger Filtration (unten links) und ohne Filtration (unten rechts).	28
Abb. 13: Verlauf der Ammonium-N-Konzentrationen in der Pegnitz im Rahmen der ARGE-Messungen (automatische Probenahme und Messung alle 15 Min.) im Bereich der Theodor-Heuss-Brücke und zugehörige Niederschlagsmengen (Wetterstation Nürnberg Flughafen) im Jahresverlauf 2019.....	53
Abb. 14: Verlauf der ortho-Phosphat-P-Konzentrationen in der Pegnitz im Rahmen der ARGE-Messungen (automatische Probenahme und Messung alle 15 Min.) im Bereich der Theodor-	

Heuss-Brücke und zugehörige Niederschlagsmengen (Wetterstation Nürnberg Flughafen) im Jahresverlauf 2019 54

Abb. 15: Utensilien der MZB-Probenahme (links) sowie Auslesen ausgewählter Taxa im Gelände (rechts)..... 56

Abb. 17: Relative Häufigkeit der taxonomischen Gruppen im Juni 2019 60

Abb. 19: Köcherfliege *Brachycentrus maculatus* an Totholz (links) und Eintagsfliege *Serratella ignita* (rechts)..... 60

Abb. 20: Relative Häufigkeiten der Zonierungspräferenzen im Juni 2019 63

Abb. 21: Relative Häufigkeiten der Strömungspräferenzen im Juni 2019..... 63

Abb. 22: Relative Häufigkeiten der Mikrohabitatpräferenzen im Juni 2019 64

Abb. 23: Relative Häufigkeiten der Ernährungstypen im Juni 2019 64

Abb. 24: Probenahmemethodik: Kartierung der Wasserpflanzenbestände, *Ranunculus fluitans*, *Elodea canadensis* (oben links bzw. rechts) und der Wassermoose (2. Reihe links) sowie der Phytobenthosbestände, fädige Algen (2. Reihe rechts), braune Aufwuchsalgen auf Stein und Grünalgen auf Sand (3. Reihe links bzw. rechts). Methodik zur Diatomeengewinnung durch Abbürsten von Hartsubstraten (unten links) und Übersicht der Beprobungsutensilien (unten rechts)..... 71

Abb. 26: Luftbild der Befischungsstrecke PS 1_F. Bildquelle: FIN-Web 83

Abb. 27: Raue Rampe am westlichen Ende von PS 1_F (Foto: R. Bäumlner) 83

Abb. 28: Luftbild der Befischungsstrecke PS 2_F. Bildquelle: FIN-Web 84

Abb. 29 Sohlschwelle am östlichen Ende von PS 2_F (Foto: R. Bäumlner)..... 85

Abb. 30: Luftbild der Befischungsstrecke PS 3_F. Bildquelle: FIN-Web 85

Abb. 31: PS 3_F mit leicht gewundener Linienführung, weitgehend ohne harten Uferverbau (Foto: R. Bäumlner) 86

Abb. 32: Raue Rampe am Ende der Probestrecke PS 3_F. Im Nebenschluss entsteht hier eine Surferwelle (Foto: R. Bäumlner) 86

Abb. 33: Luftbild der Befischungsstrecke PS 4_F. Bildquelle: FIN-Web 87

Abb. 34: PS 4_F mit gut strukturiertem Uferbereich mit Totholz und Flachwasserzonen sowie heterogenem bis turbulentem Strömungsbild (Foto: R. Bäumlner)..... 87

Abb. 30: Vorbereitung der Befischung und Messung chemisch-physikalischer Standardparameter (Foto: R. Bäumlner)..... 89

Abb. 31: Subadulter Aal (Foto: R. Bäumlner)..... 90

Abb. 32: Altersklassen-Häufigkeitsdarstellung mit Reproduktionsnachweis bei PS 1_F 92

Abb. 33: Nachweis der Rutte/Quappe (*Lota lota*) bei PS1_F. Diese nacht- und dämmerungsaktive Fischart bevorzugt kühle, klare und sauerstoffreiche Still- und Fließgewässer. Gewässerverschmutzung und Fragmentierung des Lebensraums durch Querverbauungen setzen dem Fisch stark zu (Foto: R. Bäumlner)..... 92

Abb. 34: Altersklassen-Häufigkeitsdarstellung mit Reproduktionsnachweis bei PS 2_F 93

Abb. 35: Nachweis des Hasels (*Leuciscus leuciscus*) bei PS 2_F. Der Hasel stellt nur geringe Anforderungen an seinen Lebensraum. Bevorzugt werden klare, beruhigte Fließgewässerstrecken mit kiesigem bis sandigem Grund (Foto: R. Bäumlner). 93

Abb. 36: Altersklassen-Häufigkeitsdarstellung mit Reproduktionsnachweis bei PS 3_F 94

Abb. 37: Großer adulter Döbel (Aitel) bei PS 3_F (Foto: R. Bäumlner) 95

Abb. 38: Adulte Kesslergrundel bei PS 3_F, eine invasive Art aus dem pontokaspischen Gebiet (Foto: R. Bäumlner)..... 95

Abb. 39: Altersklassen-Häufigkeitsdarstellung mit Reproduktionsnachweis bei PS 4_F 96

Abb. 40: Juvenile Barbe bei PS 4_F. Die Barbe lebt als Grundfisch in sauerstoffreichen Fließgewässern mit stärkerer Strömung und sandigen oder kiesigen Untergründen (Foto: R. Bäumlner)..... 97

Abb. 41: Großer adulter Schneider. Der Schneider bevorzugt als geselliger Schwarmfisch klare, schnell fließene Bäche und kleine Flüsse mit Kiesgrund (Foto: R. Bäumlner). 97

Abb. 42: Adulter Gründling, ein geselliger Schwarmfisch, der in klaren Gewässern mit kiesigem oder sandigem Substrat lebt (Foto: R. Bäumlner)..... 97

Abb. 43: Bachforelle (*Salmo trutta*) lebt als Leitfischart der Forellenregion in klaren, kühlen und sauerstoffreichen Bächen und Flüssen sowie in Bergseen. 99

Abb. 44: Übersicht der fiBS-Ergebnisse an den Probestellen PS 1_F bis PS4_F sowie an den WRRL-Monitoring-Strecken oberhalb (FWK 2_F037 Pegnitz) und unterhalb (FWK 2_F044 Regnitz) des Untersuchungsgebietes 106

Abb. 45: Raue Rampe bei PS 1_F nicht durchgängig. Empfehlung: Umbau in Pendelrampe und Anlegen eines Kieslaichplatzes im Unterwasser der Pendelrampe. Strukturverbesserung im Bereich der harten Verbauung durch Störsteine und Totholz (Foto: R. Bäumlner). 112

Abb. 46: Empfehlung: Entfernung der Versteinung (Blocksteinschüttung) bei PS 1_F, Einbringen von Störsteinen, Totholzbunnen und generell Totholz als strömungslenkende Maßnahmen (Foto: R. Bäumlner). 113

Abb. 47: Empfehlung: Stromauf von PS 2_F Einbringung von Störsteinen und Totholzbunnen im Bereich der Sohlgleite, Totholz belassen und strömungslenkende Maßnahmen vor der Sohlgleite (Foto: R. Bäumlner)..... 113

Abb. 48: Sohlgleite bei PS 2_F ist nur bedingt durchwanderbar. Bei erhöhten Wasserständen wird die Sohlgleite hydraulisch überlastet. Empfehlung: Umbau der Sohlgleite in Pendelrampe, Anlegen eines Kieslaichplatzes im Unterwasser der Pendelrampe und Entfernung der Uferverbauung. Strukturverbessernde Maßnahmen in Form von Störsteinen, Totholzbunnen und allgemein Totholz zur Strömungslenkung. (Foto: R. Bäumlner)..... 114

Abb. 49: Raue Rampe bei PS 3_F (nicht durchgängig) mit Baustelle für Surferwelle im Hintergrund des linken Ufers im Oktober 2020. Empfehlung: Umbau in Pendelrampe und Verbesserung des Laichhabitats durch Anlegen eines Kieslaichplatzes in der Strömungsmittle vor dem Prallufer; Einbringen von Störsteinen als Ausgleichsmaßnahme für Surferwelle. 114

Abb. 50: Empfehlung bei PS 4_F: Entfernung der Versteinung und Einbringung von Störsteinen sowie Totholz (Foto: R. Bäumlner)..... 115

Abb. 51: Empfehlung bei PS 4_F (Beginn der Probestrecke): Entfernung der Versteinung, Anlegen von Totholzbunnen zur Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit, Einbringung von Störsteinen, Auflockerung von Kies (Foto: R. Bäumlner)..... 115

Abb. 52: Fund einer Exuvie der Grünen Keiljungfer (*Ophiogomphus cecilia*) an der Pegnitz am 05.08.2019 117

Abb. 53: Umgestürzte Weide ca. 200 m oberhalb der Pegnitzbrücke des Frankenschnellwegs 118

Abkürzungsverzeichnis

ABSP	Arten- und Biotopschutzprogramm
AG	Auftraggeber
ARGE	Arbeitsgemeinschaft Gewässerschutz obere Regnitz
EG-WRRL / WRRL	EG-Wasserrahmenrichtlinie
EL	Einleitung
FWK	Flusswasserkörper
GSK	Gewässerstrukturkartierung
HMWB	<i>heavily modified waterbody</i> (engl., erheblich veränderter Wasserkörper)
KW	Klärwerk
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss
MQ	Mittlerer Abfluss
MZB	Makrozoobenthos
NQ	Niedrigwasserabfluss
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
oh.	oberhalb
PS	Probestelle
QK	Qualitätskomponente (gemäß EG-WRRL)
SUN	Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg
uh.	unterhalb
UwA/2	Umweltamt Nürnberg
UZ	Untersuchungszeitraum
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WWA N	Wasserwirtschaftsamt Nürnberg

1 Allgemeine Angaben zum Projekt

Verfahren:

Gewässerökologisches Gutachten im Rahmen des wasserrechtlichen Genehmigungsverfahrens für eine gehobene Erlaubnis für das Einleiten gereinigten Abwassers aus dem Klärwerk 1 in die Pegnitz durch die Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN, Eigenbetrieb der Stadt Nürnberg).

Bundesland:

Bayern

Regierungsbezirk / Aufsichtsbehörde:

Regierungsbezirk Mittelfranken

Aufsichtsbehörden: Umweltamt Nürnberg, Wasserwirtschaftsamt Nürnberg

Stadt Nürnberg:

Referat für Umwelt und Gesundheit

Umweltamt der Stadt Nürnberg, Technischer Umweltschutz - Frau Wilpert

Bauhof 2, 90402 Nürnberg

Tel. 0911-2313647

Wasserwirtschaftsamt Nürnberg:

Fachbereich Technische Gewässeraufsicht - Frau Dr. Frühauf

Allersbergerstraße 17/19

90461 Nürnberg

Tel. 0911-23609450

Naturraum:

Mittelfränkisches Becken (Meynen/Schmithüsen et. al. 1953-1962)

Rednitz-, Regnitz-, Pegnitztaue (ABSP-Untereinheit)

2 Anlass und Aufgabenstellung sowie fachlich-rechtliche Grundlagen

Die Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN; Eigenbetrieb der Stadt Nürnberg) betreibt im Stadtwesten die beiden Klärwerke, KW 1 und KW 2. Die Einleitung (EL) der gereinigten Abwässer der beiden Klärwerke erfolgt jeweils in die Pegnitz. Die mit Bescheid der Stadt Nürnberg vom 12.10.1999 erteilte gehobene Erlaubnis für das Einleiten gesammelter Abwässer und Niederschlagswässer aus den bestehenden Abwasserbehandlungsanlagen KW 1 und KW 2 endet mit dem Ablauf des 31.12.2022 (verlängert durch beschränkte Erlaubnis durch das Umweltamt Nürnberg (UwA/2) vom 06.02.2018 bis zum 31.12.2022). Für die Zeit ab dem 01.01.2023 strebt die SUN erneut eine gehobene Erlaubnis für die Einleitung gereinigter Abwässer in die Pegnitz an.

Die ÖKON Gesellschaft für Landschaftsökologie, Gewässerbiologie und Umweltplanung mbH, Kallmünz (kurz ÖKON GmbH), wurde im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für die Neuerteilung der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis (§ 15 Wasserhaushaltsgesetz, WHG) mit der Erstellung zweier gewässerökologischer Gutachten, je eines für KW 1 und KW 2, beauftragt. Nach Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Nürnberg (WWA N) und dem Umweltamt Nürnberg sollen die gewässerökologischen Gutachten die Auswirkungen der beiden Einleitungen auf den Wasserchemismus der Pegnitz unter Beachtung der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) sowie auf die biologischen Qualitätskomponenten (QK) Makrozoobenthos (Wasserwirbellose, kurz: MZB), Makrophyten (höhere Wasserpflanzen) und Phytobenthos (Aufwuchsalgen) inklusive der Diatomeen (Kieselalgen) sowie der Fische gemäß der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) unter Berücksichtigung der hydrologischen und strukturellen Gegebenheiten beleuchten.

Mit Inkrafttreten der EG-Wasserrahmenrichtlinie im Jahr 2000 in allen Mitgliedsstaaten der EU wurden einheitlich geltende Umweltziele für den Schutz des Grundwassers und der Oberflächengewässer aufgestellt. Die Mitgliedsstaaten sind verpflichtet, alle Oberflächenwasserkörper zu schützen, verbessern und sanieren, mit dem Ziel, den guten ökologischen Zustand für natürliche Gewässer bzw. das gute ökologische Potential für erheblich veränderte oder künstliche Gewässer, nach Möglichkeit bis 2015, spätestens jedoch bis 2027, zu erreichen. Für alle Gewässer gilt das Verschlechterungsverbot. Für Gewässer, welche die geforderte ökologische Einstufung bisher verfehlen, gilt das Verbesserungsgebot. Gemäß Anhang V der WRRL dienen in Fließgewässern die allgemeinen chemischen und physikalisch-chemischen Komponenten (Temperaturverhältnisse, Sauerstoffhaushalt, Salzgehalt, Versauerungszustand, Nährstoffverhältnisse) der unterstützenden Bewertung der biologischen Komponenten. Mit der Novellierung der Oberflächengewässerverordnung im Jahr 2016 wurden die europaweiten Ziele der WRRL auch in nationales Recht umgesetzt.

Das vorliegende Gutachten behandelt die Erfassung und Bewertung der Einleitsituation um KW 1.

3 Historische und technische Eckdaten von KW 1 Nürnberg

Das KW 1 (ehemals „Kläranlage Nord“) ist eine mechanisch-biologisch-chemische (chemische Phosphorfällung) Kläranlage mit einer Auslegungsgröße von 1.400.000 Einwohnerwerten (EW), der Abwasser aus dem Nördlichen Hauptsammler, aus der Altstadt und aus dem Pegnitzsammler über ein Schneckenhebewerk zugeführt wird (Abb. 1). Abwasser aus den südlichen Stadtgebieten (Südlicher Entlastungssammler und Südwestlicher Hauptsammler) fließt KW 1 in freiem Gefälle zu. Historische Eckpfeiler zu KW 1 sind in Tab. 1 dargestellt.



Abb. 1: Luftbild des Klärwerks 1 (früher „Kläranlage Nord“); Foto Hajo Dietz

Nach Passage der mechanischen Reinigungsstufe (Rechenanlage, Sandfang und Absetzbecken mit Vorklärung) und einer Phosphorfällung durch Eisensalze, wird das vorgeklärte Abwasser der ersten biologischen Reinigungsstufe (Hochlast-Belebungsanlage mit Sauerstoffbegasung und vier Absetzbecken) zugeführt, in welcher vor allem Kohlenstoffverbindungen aus dem Abwasser entfernt werden. Über die Absetzbecken (Abtrennung des Belebtschlammes) fließt das Abwasser der zweiten biologischen Reinigungsstufe (Schwachlast-Belebungsanlage) zu, in welcher vor allem der Abbau der Stickstoffverbindungen (Nitrifikation, Denitrifikation) stattfindet.

Nach Ablauf des Abwassers aus den Belebungsbecken und Passieren der Absetzbecken der zweiten biologischen Stufe (Abtrennung des Belebtschlammes, Phosphorfällung durch Eisensalze), wird das Abwasser abschließend durch ein Filterbett, in dem feinste Schwebstoffe zurückgehalten werden (Abwasserfilter), geleitet und anschließend der Pegnitz zugeführt.

Der während der Abwasserreinigung im KW 1 entstehende Klärschlamm wird zusammen mit den Klärschlämmen aus KW 2 in Faulbehältern unter Luftabschluss (anaerob) zu Klärgas umgewan-

delt. Dabei wird etwa die Hälfte der organischen Substanz (ca. ein Drittel des Feststoffgehalts) im Schlamm zu Klärgas. Der entwässerte restliche Klärschlamm wird schließlich in Kohlekraftwerken verwertet (SUN 2018).

Tab. 1: Historische Eckdaten des KW 1, entnommen aus SUN (2018)

1908	Planung einer zentralen Kläranlage für Nürnberg am Standort des heutigen Klärwerks 1 bei Doos. Das Projekt wird wegen der sehr hoch erscheinenden Kosten nicht weiter verfolgt.
1917	In einer Planung für den Ausbau der Abwasserbeseitigung in Nürnberg wird erneut die Errichtung einer Kläranlage am Standort Doos vorgeschlagen.
1929	Baubeginn für die Kläranlage am Standort Doos. Sie erhält (ihrem Einzugsgebiet entsprechend) die Bezeichnung „Kläranlage Nord“.
1931	Fertigstellung der Kläranlage. Sie besteht aus Rechen, vier Absetzbecken, acht Zellenfaulbehältern sowie fünf Schlamm-trockenbeeten mit einer Fläche von 3000 Quadratmetern. Der Sandfang geht im Jahr 1932 in Betrieb.
1956	Einführung der biologischen Abwasserreinigung: Vier Tropfkörper gehen in Betrieb.
1962	Die „Kläranlage Nord“ wird umbenannt in „Klärwerk 1“ (als das größere der beiden Klärwerke).
1967	Fertigstellung des ersten großen Faulbehälters („Faulei“) mit 10 800 Kubikmetern Volumen. Bis 1989 entstehen noch vier weitere Faulbehälter.
1975	Die zweite biologische Stufe (Belebungsanlage) mit drei Absetzbecken (Durchmesser 70 m) geht in Betrieb.
1989	Die Belebungsanlage wird um zwei Belebungsbecken und ein viertes Absetzbecken (70 m) erweitert.
1993	Der neue Zulaufbereich (Hebewerk, Rechenanlage, Sandfang) geht in Betrieb.
1994	Inbetriebnahme des Abwasserfilters.
1995	Die Maßnahmen zur Stickstoffreduzierung (vorgeschaltete Denitrifikation in der zweiten biologischen Stufe) gehen in Betrieb.
2002	Die Hochlastbelebungsanlage (als neue erste biologische Reinigungsstufe) geht in Betrieb. Sie ersetzt die bisherigen Tropfkörperanlagen.
2011	Erneuerung der Schlamm-trennwässerungsanlage: Entwässerung in Zentrifugen. Erweiterung der Blockheizkraftwerke.
2013	Die erneuerten Absetzbecken der zweiten biologischen Stufe gehen in Betrieb.
2015	Baubeginn für die Erneuerung der Schlamm-behandlungsanlagen.
2016	Eine Versuchsanlage zur Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlamm geht in Betrieb.

Derzeit sind keine verfahrenstechnischen Änderungen geplant. Es wird bei den beiden Reinigungsstufen (mechanisch und biologisch) mit Abwasserfilter bleiben. Zukünftig soll zur Steigerung der energetischen Eigenversorgung das Thema Co-Vergärung (derzeit ca. 60 %) weiterentwickelt werden. (pers. Mitteilung Hr. Höniges mit E-Mail vom 02.06.2020). Im neuen Wasserrecht wird der Istzustand der beiden Klärwerke, KW 1 und KW 2, beantragt, folglich sind keine Planungen zum Ausbau vorgesehen. Das Ziel für die technische Nachweise ist die Beibehaltung der vorhandenen Ausbaugrößen von 1.400.000 EW im KW 1 bzw. 230.000 EW im KW 2 (Miller 2020). Es sind keine Steigerungen der Abwassermengen zu erwarten (pers. Mitteilung Hr. Höniges mit E-Mail vom 27.10.2020).

4 Charakterisierung des Untersuchungsgebietes und der Messstellen

4.1 Untersuchungsgebiet und derzeitiger gewässerökologischer Zustand der Pegnitz

Das engere Untersuchungsgebiet an der Pegnitz (Abb. 2) erstreckte sich von Nürnberg, Theodor-Heuss-Brücke bzw. Nordwestring (oberhalb der Einleitung von KW 2 bei Fluss-km 5.140) bis Fürth, Quellensteg (unterhalb der Einleitung von KW 1 bei Fluss-km 3.730), wobei zusätzlich Daten des WWA N von Nürnberg Lederersteg (flussauf des engeren Untersuchungsgebietes) und Fürth Friedhofsteg (flussab des engeren Untersuchungsgebietes) zur Verfügung standen. Naturräumlich ist das Untersuchungsgebiet in das Mittelfränkische Becken einzuordnen (Naturraum-Untereinheit: Rednitz-, Regnitz-, Pegnitztaue) und im Landschaftsschutzgebiet „Pegnitztal West“ eingebettet.

Die Pegnitz wird dem biozönotisch bedeutsamen Fließgewässertyp 9.2 „Große Flüsse des Mittelgebirges“ (Pottgiesser 2018) zugeordnet und weist eine Länge von ca. 113 km auf. Sie entspringt in der Stadt Pegnitz am Osthang des Schlossbergs aus einer Karstquelle. Die Pegnitz verläuft zunächst in südlicher Richtung durch den Naturpark Fränkische Schweiz-Veldensteiner Forst und die Hersbrucker Schweiz bis sie weiter in westlicher Richtung über Lauf Nürnberg inklusive den Wöhrder See (ca. 4 km flussauf KW 2) und Fürth durchfließt. Zusammen mit der Rednitz vereinigt sie sich nördlich der Fürther Innenstadt zur Regnitz, die letztendlich in den Main mündet. Charakteristisch für diesen Fließgewässertyp im potentiell natürlichen Zustand ist ein überwiegend schnell fließendes Strömungsbild mit längeren, langsam strömenden Abschnitten bei gewundenen bis mäandrierenden Einbettgerinnen oder nebengerinnereichen bis hin zu verflochtenen Gewässerabschnitten. Daneben sind große Abflussschwankungen im Jahresverlauf mit stark ausgeprägten, bisweilen extremen Einzelereignissen kennzeichnend. Es handelt sich um einen sehr dynamischen Gewässertyp mit z. T. großflächigen Laufverlagerungen, wodurch sich häufig Rinnen und Altwasser bilden. In breiteren Tälern können die Auen theoretisch bis zu mehreren hundert Meter Breite erreichen. Die Habitatvielfalt ist entsprechend groß, wobei unter den Sohlsubstraten Steine, Schotter und Kies dominieren. In strömungsberuhigten Bereichen können großräumig feinsedimentreiche, sandig-lehmige oder organische Ablagerungen vorkommen (Pottgiesser 2018).

Fischereibiologisch ist die Pegnitz im untersuchten Bereich dem cyprinidengeprägten Rhithral zuzuordnen. Wie an den meisten anderen bayerischen Flüssen liegen auch an der Pegnitz erhebliche Durchgängigkeitsdefizite infolge anthropogener Eingriffe vor: Im Untersuchungsgebiet befinden sich mehrere Sohlbauwerke (Sohlgleiten, Sohlrampen), die gemäß der Datenerhebung des LfU entweder eingeschränkt oder mangelhaft durchgängig sind. Weiter flussab in Fürth befindet sich ein nicht durchgängiges Wehr. Flussauf des Untersuchungsgebietes befinden sich allein bis zum Wöhrder See vier als nicht durchgängig kartierte Wehre und ein nicht durchwanderbarer Absturz, daneben weitere nur mangelhaft durchgängige Sohlgleiten. Sohlbauwerke können je nach Ausprägung durchaus auch positive Einflüsse auf aquatische Lebensgemeinschaften haben (z. B. eine lokal erhöhte Fließgeschwindigkeit, die beispielsweise zu einem erhöhten Sauerstoffeintrag ins Gewässer bzw. der Reinigung der Gewässersohle führt). Insgesamt sind Unterbrechungen der Durchgängigkeit bzw. der Vernetzung von Lebensräumen, des Fließkontinuums, des Geschiebehaushalts und des Energiehaushalts durch Wehre mit erheblichen Lebensraumveränderungen und

folglich Artenverschiebungen verbunden, was den ökologischen Zustand der Fließgewässer deutlich beeinträchtigen kann.

Die Pegnitz ist im Bereich des Untersuchungsgebietes nach § 28 WHG als ein natürlicher Flusswasserkörper mit der Kennzahl 2_F037 „Pegnitz von Nürnberg-Kettensteg bis Zusammenfluss mit Rednitz“ eingestuft. Gemäß den Vorgaben der WRRL muss folglich bis spätestens 2027 der „gute ökologische Zustand“ erreicht werden. Der aktuelle gewässerökologische Zustand der Pegnitz im Untersuchungsgebiet anhand der biologischen QK an der WRRL-Messstelle (Nürnberg Friedhofsteg) wird gemäß des worst-case Prinzips als „unbefriedigend“ bewertet (unveröffentlichter Datenstand Dezember 2020 für den Bewirtschaftungsplan 2022-2027, pers. Mitteilung WWA Nürnberg am 09.12.2020). Die Ergebnisse der einzelnen QK stellen sich wie folgt dar:

- **QK Makrozoobenthos**

Für das MZB ergibt sich derzeit ein „guter ökologischer Zustand“, da beide bewertungsrelevanten Module (Saprobie, Allgemeine Degradation) mit „gut“ bewertet werden.

- **QK Makrophyten & Phytobenthos**

Für die pflanzliche Qualitätskomponente (Makrophyten und Aufwuchsalgen) ergibt sich derzeit lediglich ein „mäßiger ökologischer Zustand“.

- **QK Fische**

Die Fischkomponente wird derzeit nur mit „unbefriedigend“ bewertet.

Folgende Angaben zur ökologischen und chemischen Einstufung für flussauf liegende Wasserkörper an der Pegnitz beziehen sich ebenfalls auf den aktuellen Datenstand von Dezember 2020 (Bewirtschaftungspläne 2022-2027) und sind derzeit noch nicht im Umweltatlas veröffentlicht, wurden jedoch vorab vom WWA Nürnberg am 08.02.2021 zur Verfügung gestellt:

Bereits im Oberlauf der Pegnitz (FWK 2_F034 „Pegnitz bis Einmündung Flembach, Fichtenohe bis Pegnitz“) liegen gewässerökologische Defizite in Form einer lediglich „mäßig“ bewerteten QK Makrophyten & Phytobenthos vor, was zur „mäßigen“ Einstufung der gesamten ökologischen Zustandsklasse führt. Im weiteren Verlauf flussab ist die Fischfauna bei FWK 2_F036 „Pegnitz von Einmündung Flembach bis Einmündung Röttenbach“ für den „mäßigen“ Zustand bzw. bei FWK 2_F035 für einen „unbefriedigenden“ Zustand ausschlaggebend. FWK 2_F038 „Pegnitz von Einmündung Tiefgraben bis Nürnberg-Kettensteg“ grenzt unmittelbar oberhalb des im Rahmen dieses Gutachtens untersuchten FWK an und wird als erheblich veränderter Wasserkörper (HMWB) ausgewiesen. Für einen Wasserkörper der Kategorie HMWB (*engl. heavily modified waterbody*) ist die weniger strenge Zielerreichung des „guten ökologische Potentials“ gemäß WRRL maßgeblich. Auf Grund der „unbefriedigenden“ Bewertung der Fischfauna (MZB und Makrophyten & Phytobenthos „mäßig“) wird das ökologische Potential dieses FWK ebenfalls lediglich als „unbefriedigend“ bewertet. Demzufolge liegt derzeit gemäß den Bewertungsergebnissen für den 3. Bewirtschaftungsplan mit Datenstand Dezember 2020 in keinem der FWK der Pegnitz ein „guter ökologischer Zustand“ vor.

Der aktuelle chemische Zustand sämtlicher FWK der Pegnitz wird als „nicht gut“, ohne ubiquitäre Schadstoffe (Quecksilber, PFOS, 6-BDE) als „gut“ bewertet. In einem Projekt des LfU soll zeitnah geklärt werden, ob die PFOS an FWK der Pegnitz, gemessen in Biota, über die „üblichen Hinter-

grundwerte“ hinausgehen. Zudem liegt derzeit eine Überschreitung des flussgebietspezifischen Schadstoffs Kupfer bei FWK 2_F037 (Untersuchungsgebiet) vor.

Zur Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ nach WRRL wird im Maßnahmenprogramm 2016-2021 für FWK 2_F037 (Untersuchungsgebiet, LfU 2015a) der Ausbau kommunaler Kläranlagen zur Reduzierung der Phosphoreinträge genannt. Für oberhalb liegende FWK werden Abflussregulierungen und morphologische Optimierungen (z. B. Herstellung der Durchgängigkeit, Habitatoptimierung, Ufer- und Aueentwicklung etc.), die Reduktion von Belastungen infolge von Freizeit- und Erholungsaktivitäten, die Reduktion diffuser Einträge aus der Fläche (z. B. Landwirtschaft) sowie ebenfalls der Ausbau kommunaler Kläranlagen aufgezählt (LfU 2015b-e).

4.2 Probestellen der gewässerökologischen Untersuchung

Für die gewässerökologische Untersuchung zu KW 1 wurden insgesamt 3 Probestellenbereiche (PS 1, PS 2 und PS 3) im Rahmen einer Vor-Ort-Begehung (27.05.2019) und in Absprache mit dem AG, dem WWA N und der Fischereifachberatung des Bezirkes Mittelfranken festgelegt (Abb. 2, Abb. 3, Abb. 4, Abb. 5). Die Längen der Beprobungsstrecken für das MZB bzw. Makrophyten & Phytobenthos betragen ca. 100 m und liegen entlang der orographisch rechten Uferseite. Im Probestellenbereich 3 bestanden die Beprobungsstrecken von MZB und Makrophyten & Phytobenthos aus 2 Teilen, die sich auf Grund der Möglichkeiten zur Bewattung sowie dem Ziel einer höchstmöglich vergleichbaren Substratzusammensetzung aller drei Probestellen ergaben. Im Probestellenbereich 3 lagen 2 Befischungsstrecken (PS 3_F und PS 4_F). Die folgenden Kapitel 4.2.1, 4.2.2 und 4.2.3 beschreiben die drei Probestellen ohne Berücksichtigung der E-Befischungsstrecken. Details zu den Befischungsstrecken sind Kapitel 9.1 sowie Anhang I zu entnehmen. Die genaue Verortung der Untersuchungsstellen (Start und Ende) der unterschiedlichen biologischen und chemischen Komponenten sind in Tab. 2 dargestellt.

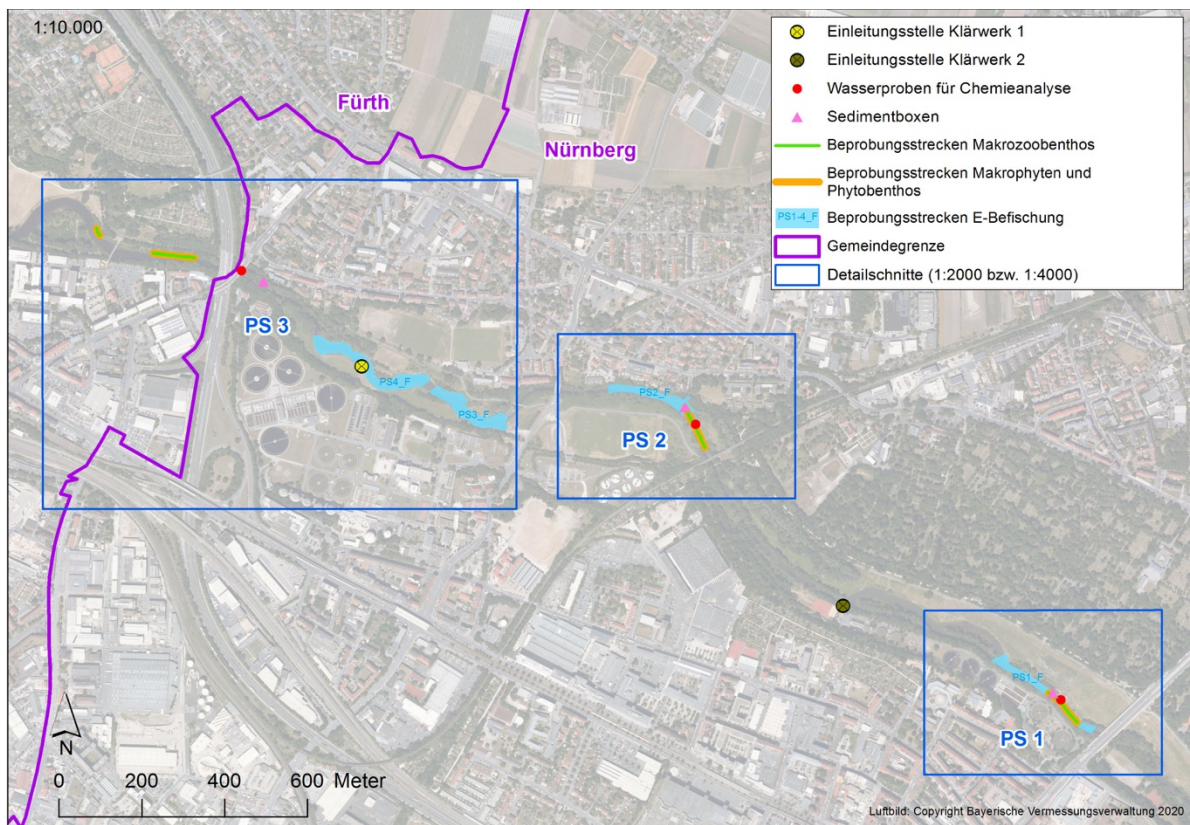


Abb. 2: Übersichtskarte zur Lage der Probestellen der gewässerökologischen Untersuchung

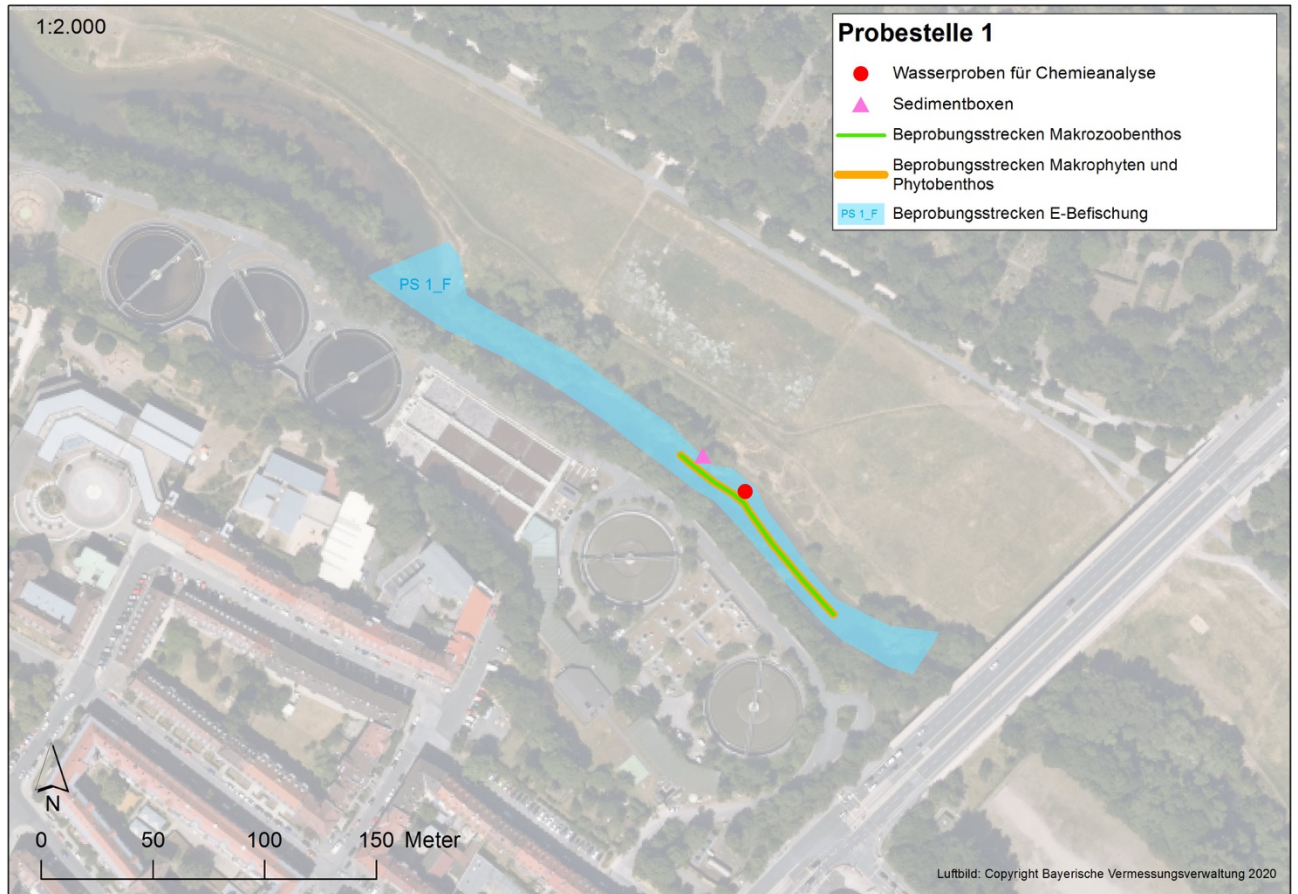


Abb. 3: Detailkarte zur Lage der Untersuchungsstellen bei Probestelle 1

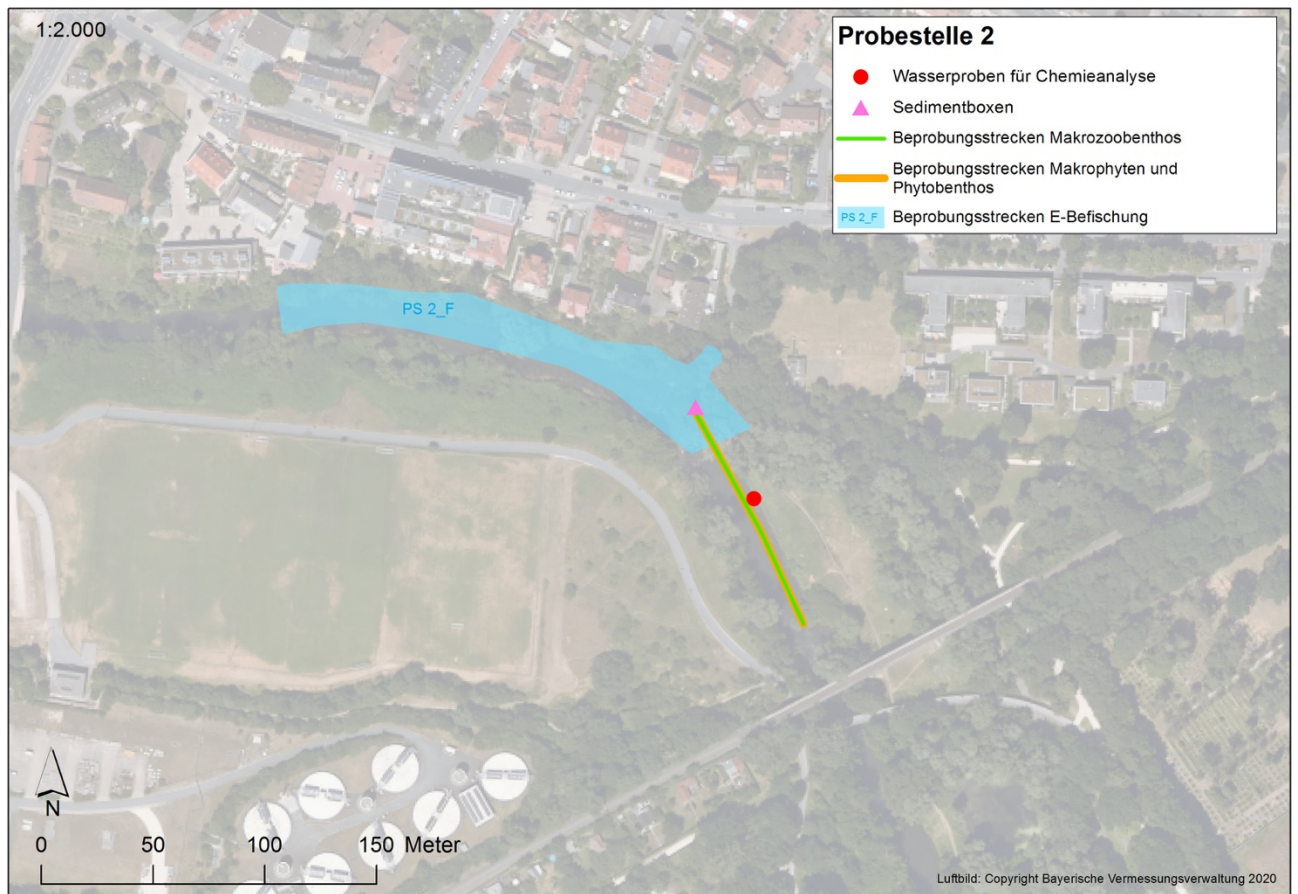


Abb. 4: Detailkarte zur Lage der Untersuchungsstellen bei Probestelle 2

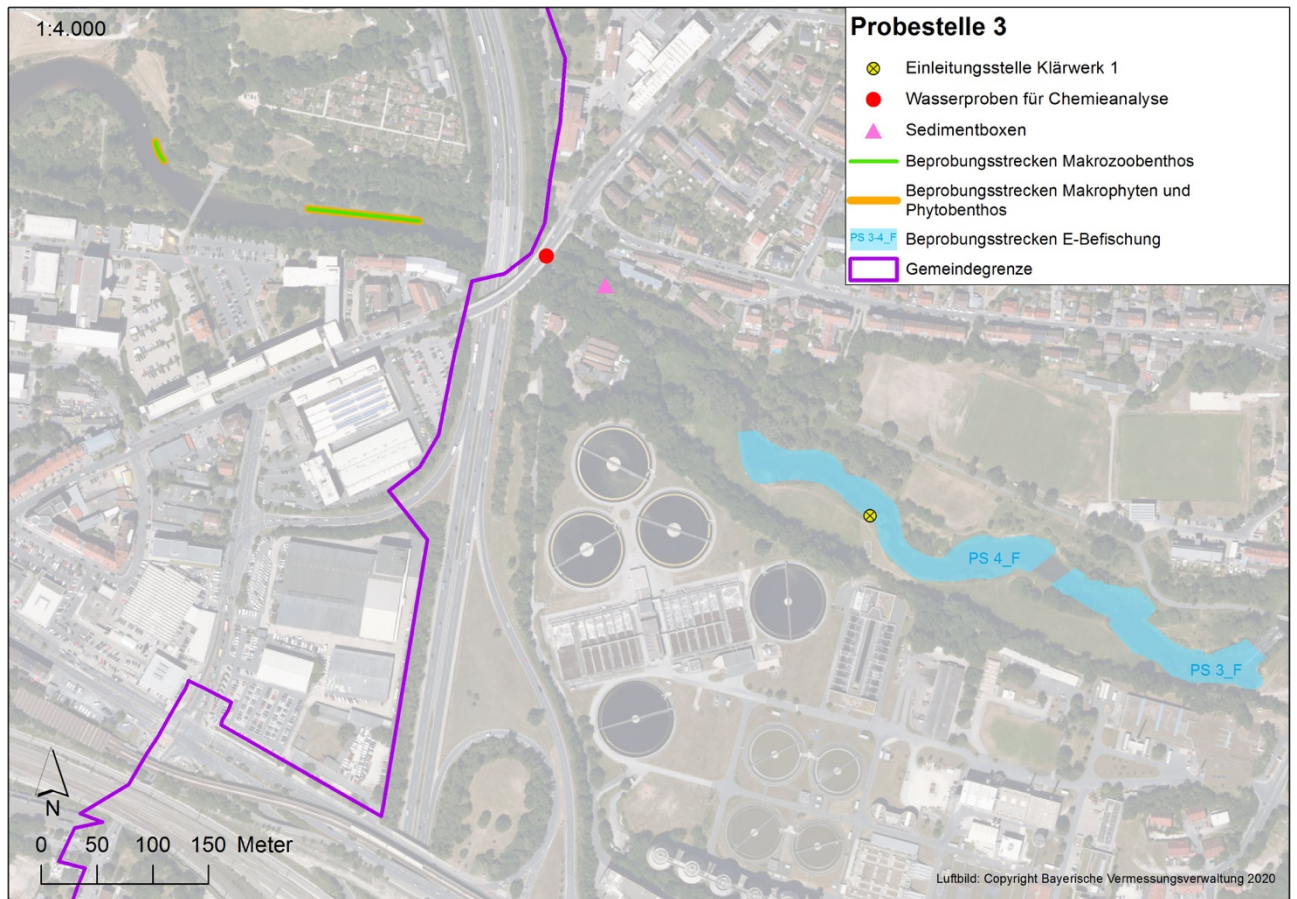


Abb. 5: Detailkarte zur Lage der Untersuchungsstellen bei Probestelle 3

Tab. 2: Verortung der Probestellen nach Gauß-Krüger-Zone 4.

Probestelle 1	Start	Ende	Start	Ende
MZB	4430803 5480815	4430872 5480747		
MP	4430803 5480815	4430872 5480747		
F (PS 1_F)	4430684 5480902	4430906 5480718		
Ch	4430827 5480794			
S	4430808 5480810			
Probestelle 2	Start	Ende	Start	Ende
MZB	4429919 5481502	4429974 5481411		
MP	4429919 5481502	4429974 5481411		
F (PS 2_F)	4429733 5481546	4429907 5481503		
Ch	4429946 5481462			
S	4429920 5481503			

Probestelle 3	Start	Ende	Start	Ende
MZB (2 Teile)	4428638	4428735	4428502	4428509
	5481876	5481864	5481934	5481921
MP (2 Teile)	4428638	4428735	4428502	4428509
	5481876	5481864	5481934	5481921
F (PS 3_F)	4429313	4429508		
	5481549	5481501		
F (PS 4_F)	4429031	4429300		
	5481678	5481566		
Ch	4428850			
	5481834			
S	4428903			
	5481808			

Abkürzungen:

- MZB = Beprobungsstrecke Makrozoobenthos
- MP = Beprobungsstrecke Makrophyten & Phytobenthos
- F = Beprobungsstrecke E-Befischung
- Ch = Wasserprobenentnahme für Chemieanalysen
- S = Standort Sedimentbox

4.2.1 Probestelle 1

PS 1 liegt westlich der Theodor-Heuss-Brücke im öffentlichen Park „Pegnitztal West“ am rechten Pegnitzufer (Abb. 3, Abb. 6 oben) und gilt als Referenzstelle oberhalb der Einleitungen der beiden Klärwerke KW 1 und KW 2 (ca. 570 m oberhalb der ersten KW-Einleitung durch KW 2).

Gemäß der Gewässerstrukturkartierung (GSK) vom 06.06.2019 lässt sich das Tal der Pegnitz an der PS 1 als Sohltal mit einem unverzweigten und schwach gewundenen Lauf charakterisieren. Die Gewässersohle ist naturgemäß von Feinsedimenten dominiert. Die Pegnitz weist ein permanentes Wasserregime auf und besitzt vor Ort eine natürliche Gewässerbreite von ca. 18 m im Mittel. Das Gewässer ist mit einem Verhältnis von > 1 : 6 eingetieft. Die Flusssohle ist unverbaut, während das Ufer einseitig (linkes Ufer) durch Blocksteine gesichert ist. An der Probestelle finden sich keine Querbauwerke, Durchlässe, Verrohrungen oder Ausleitungen. Ein Rückstau ist ebenfalls nicht vorzufinden. Die mäßige Strömungsvielfalt variiert zwischen mäßig (> 50 %) sowie langsam und schnell fließend (jeweils < 10 %). Linksseitig befinden sich nahezu keine Sonderstrukturen. Rechtsseitig tragen Holzansammlungen, überhängende Vegetation und Wurzelgeflecht zu einer ausgeprägten Struktur- und Strömungsvielfalt bei.

Die linke Uferböschung ist gänzlich mit dichten, heimischen und standortgerechten Gehölzen bewachsen. Die rechte Uferböschung ist nahezu mit gleichen Anteilen an heimischem und standortgerechtem Baum- und Strauchbestand sowie einer Wiese geprägt.

Die Gesamtheit des Entwicklungspotentials der Pegnitz an der Probestelle 1 ist als „stark verändert“ einzustufen, da das Gewässerbett keine Anlandungen bei nur mäßiger Tiefen- und Breitenvariabilität aufweist. Schwache Ufererosionen sind ausschließlich am rechten Ufer gegeben.

Die Substratvielfalt ist als „mäßig“ einzustufen und setzt sich primär aus Sand (< 2 mm), nachrangig aus Technolithal (Steinschüttung zur Ufersicherung) zusammen. Vereinzelt ist organisches Sohlssubstrat in Form von Feindetritus und Totholz vorhanden. Die Gewässersohle ist durch eine leichte äußere Kolmation geprägt. Faulschlamm ist nicht vorzufinden. Der Gewässergrund ist teils

mit einer deutlichen Auflage, bestehend aus Grün-, Faden- und Kieselalgen bedeckt. An der Probestelle ist eine geringe Verunreinigung durch Hausmüll festzustellen.

Die Aue der Pegnitz besitzt im Bereich von PS 1 keine Hochwasserschutzanlage. Das Ausuferungsvermögen ist aufgrund der Eintiefung als beeinträchtigt einzustufen. In der Aue befindet sich kein weiteres Auengewässer. Das Entwicklungspotential der Aue ist als „vollständig verändert“ einzustufen, da beide Uferseiten stark beeinträchtigt sind, die linke Uferseite ist versiegelt und bebaut (Anlagengelände von KW 2), die rechte Uferseite ist durch eine frequent genutzte Mähwiese (Sportler, Hunde, Grillplätze) charakterisiert.

Die Pegnitz ist an PS 1 nach dem bayerischen Verfahren zur Erfassung und Bewertung der Gewässerstruktur (LfU 2015f) gemäß der Bewertung der Teilsysteme, Gewässerbettstruktur (Bewertungskategorie 4 „deutlich veränderte Gewässerstruktur“) und Auestruktur (Bewertungskategorie 7 „vollständig veränderte Gewässerstruktur“), in der Gesamtbewertung der Gewässerstrukturklasse 5 („stark verändert“) zuzuordnen (Tab. 3).

4.2.2 Probestelle 2

PS 2 liegt unterhalb des Fuchslochsteigs, schräg gegenüber der Sportplatzanlage am Fuchsloch und ca. 550 m unterhalb der Einleitung von KW 2 bei Fluss-km 5,140 (es ist von einer Komplettvermischung des Flusswassers mit gereinigtem Abwasser aus der Einleitung von KW 2 auszugehen) und etwa 880 m oberhalb der Einleitung von KW 1 (Abb. 4, Abb. 6 unten).

Gemäß der Gewässerstrukturkartierung vom 06.06.2019 lässt sich das Tal der Pegnitz bei PS 2 als vertieftes Sohlental mit schwach gewundenem, unverzweigtem Lauf und feinem Sediment charakterisieren. Es weist ein permanentes Wasserregime und eine natürliche Gewässerbite von ca. 18 m auf. Die Flusssohle ist unverbaut, während die Ufer mit Flussbausteinen gesichert sind. Linksseitig ist die Verbauung zum Großteil im Verfall begriffen. An der Probestelle finden sich keine Querbauwerke, Durchlässe, Verrohrungen oder Ausleitungen. Ein Rückstau ist ebenfalls nicht vorzufinden. Die mäßige Strömungsvielfalt variiert zwischen mäßig (Anteil von > 50 %) sowie langsam (10-50 %) und schnell fließend (< 10 %; technisch bedingt durch Sohlrampe).

Die linke Böschungsvegetation besteht vor allem aus dichten, heimischen und standortgerechten Gehölzen. Die rechte Uferböschung ist überwiegend durch Kraut- und Röhrichtgürtel, nachrangig durch Wiese sowie heimischem und standortgerechtem Gebüsch und Gehölz geprägt.

Das Gewässerbett weist im Bereich der Probestelle 2 ein „deutlich verändertes“ Entwicklungspotential auf. Es ist zwar eine ausgeprägte Ufererosion, jedoch nur eine mäßige Breiten- und Tiefenvariabilität vorzufinden. Eine Anlandung mit > 10 % der mittleren Gewässerbite findet sich lediglich im Bereich eines einzelnen Makrophytenteppichs (Kanadische Wasserpest, *Elodea canadensis*) an der rechten Uferseite.

Die Substratvielfalt ist als „mäßig“ einzustufen und setzt sich überwiegend aus Sand (< 2 mm), nachrangig aus der im Verfall begriffenen Blocksteinsicherung (Technolithal) zusammen. Lokal werden Ablagerungen aus Feindetritus und Schlamm vorgefunden. Flächig ist eine leichte und im Bereich des Makrophytenbestands eine starke äußere Kolmation festzustellen. Es ist ein deutlicher Belag aus Faden-, Grün- und Kieselalgen vorhanden. Einzelne Steine/ Blöcke, Bucht, Holzan-

sammlungen, Wurzelgeflecht und überhängende Vegetation tragen einer reichen Strukturvielfalt bei.

Die Aue der Pegnitz besitzt in diesem Abschnitt keine Hochwasserschutzanlagen. Das Ausuferungsvermögen ist einseitig durch die Böschungsgestalt beeinträchtigt. In der Aue befindet sich ein abgetrennter Altarm (Fuchsloch). Entlang des linken Flussufers verläuft ein Radweg neben Sportanlagen. Das rechte Ufer ist von einem lichten Wald und Wanderweg geprägt.

Die Pegnitz ist an PS 2 nach dem bayerischen Verfahren zur Erfassung und Bewertung der Gewässerstruktur (LfU 2015f) gemäß der Bewertung der Teilsysteme, Gewässerbettstruktur und Auestruktur (jeweils Bewertungskategorie 4 „deutlich veränderte Gewässerstruktur“), in der Gesamtbewertung ebenfalls der Gewässerstrukturklasse 4 zuzuordnen (Tab. 3).

4.2.3 Probestelle 3

PS 3 liegt im Bereich des Frankenschneidwegs (A73) und etwa 350 m flussab der Einleitstelle von KW 1 bei Fluss-km 3,730 (Abb. 5, Abb. 7). Eine vollständige Durchmischung des gereinigten Abwassers von KW 1 mit Flusswasser der Pegnitz ist infolge eines längeren turbulenten Gewässerabschnitts (Sohlrampen) anzunehmen. Auf Grund eines nur sehr schmalen bewatbaren Uferbereichs und eines abrupten Anstiegs der Gewässertiefe (Uferkante) sowie unter dem Aspekt vergleichbarer Substratverhältnisse (MZB) zur Vergleichsstrecke (PS 2) wurden die biologischen QK MZB und Makrophyten & Phytobenthos auf 2 Streckenteilen erhoben, die zusammen ca. 100 m betragen und flussab der Brücke der A73 bzw. flussab des Quellenstegs lagen (Abb. 5).

Unmittelbar flussab der Brücke der A73 erfolgt eine diskontinuierliche Einleitung auf Fürther Stadtgebiet in die Pegnitz (Abb. 8). Der Abfluss ist relativ gering. Sporadische Messungen der physikalischen Standardparameter (Sauerstoff, pH, Temperatur, Leitfähigkeit) in der Pegnitz, ober- und unterhalb dieser Einleitstelle, ergaben zwar keine Veränderungen, die unmittelbare Einleitstelle wurde dennoch umgangen (weitere ACP wurden nicht erhoben). Alle chemischen Messungen inkl. der Aufsammlung der Schwebstofffrachten bei PS 3 erfolgten oberhalb dieser Einleitstelle.

Gemäß der Gewässerstrukturkartierung (GSK) vom 06.06.2019 lässt sich das Tal der Pegnitz an der PS 3 als vertieftes Sohlental (Profiltiefe ca. $> 1 : 6$) mit unverzweigtem Lauf und feinem Sediment charakterisieren. Es weist ein permanentes Wasserregime auf und besitzt vor Ort eine natürliche Gewässerbite von ca. 20 m. Die Flusssohle ist unverbaut, während das Querprofil aus einem, einseitig teils verfallenen, doppeltrapezförmigen Ausbauprofil besteht. An der Probestelle finden sich keine Querbauwerke, Durchlässe, Verrohrungen oder Ausleitungen. Ein Rückstau ist ebenfalls nicht vorzufinden. Die mäßige Strömungsvielfalt variiert zwischen langsam ($> 50 \%$), mäßig (10-50 %) und schnell fließend ($< 10 \%$).

Die Ufervegetation ist linksseitig durch lichtetes, heimisches und standortgerechtes Gehölz geprägt. Die rechte Uferböschung ist überwiegend von Kraut- und Wiesenflur, nachrangig von heimischen und standortgerechten Gehölzen bewachsen.

Das Gewässerbett weist im Bereich der Probestelle 3 ein „vollständig verändertes“ Entwicklungspotential auf. Es sind zwar mäßige Tiefenvariabilität und schwache Ufererosion, jedoch keine Brei-

tenvariabilität oder Anlandungen vorzufinden. Sonderstrukturen sind mäßig vorhanden und existieren in Form von überhängender Vegetation und Treibholzansammlungen.

Die mäßige Sohlsubstratvielfalt setzt sich überwiegend aus verdrifteter Blocksteinschüttung (Technolithal) und Sand (< 2 mm), nachrangig aus feinkörnigem organischem Material (FPOM), Totholz und Makrophyten zusammen. Die Sohle ist stellenweise durch eine deutliche äußere Kolmatation geprägt. Faulschlamm ist nicht zu erkennen. Zudem findet sich in flachen Bereichen der PS 3 ein dichter Belag, bestehend aus Grün-, Faden- und Kieselalgen. Die Mitte des Gewässers war aufgrund der Gewässertiefe weder visuell noch haptisch zu erfassen, sodass diese nicht in die Bewertung der GSK einfließen konnte.

Die Aue der Pegnitz besitzt im Bereich der PS 3 keine Hochwasserschutzanlagen. Das Ausuferungsvermögen ist jedoch aufgrund der deutlichen Eintiefung als beeinträchtigt einzustufen. In der Aue befindet sich kein weiteres Auengewässer.

Die Pegnitz ist an PS 3 nach dem bayerischen Verfahren zur Erfassung und Bewertung der Gewässerstruktur (LfU 2015f) gemäß der Bewertung der Teilsysteme, Gewässerbettstruktur (Bewertungskategorie 4 „deutlich veränderte Gewässerstruktur“) und Auestruktur (Bewertungskategorie 7 „vollständig veränderte Gewässerstruktur“), in der Gesamtbewertung der Gewässerstrukturklasse 5 („stark verändert“) zuzuordnen (Tab. 3).

Tab. 3: Ergebnis der GSK (06.06.2019) durch ÖKON nach dem bayerischen Vor-Ort-Verfahren (LfU 2015f)

Parameter	PS 1	PS 2	PS 3
Linienführung	1	1	3
Verlagerungspotential	7	7	7
Entwicklungsanzeichen	5	4	7
Strukturausstattung	1	1	4
= Gewässerstruktur	4	4	4
Retentionsraum	7	3	3
Uferstreifenfunktion	3	3	7
Entwicklungspotential	7	5	7
= Auenstruktur	7	4	7
= Gewässerstrukturklasse	5	4	5



Abb. 6: PS1 mit Blick flussab (oben) und PS 2 mit Blick flussauf (unten) im Juni 2019



Abb. 7: PS 3 unterhalb der Brücke der A73 mit Blick flussauf im August 2019 (oben) und zwischen A73-Brücke und Quellensteg im Juni 2019 (unten).



Abb. 8: Kontinuierliche Einleitung unmittelbar flussab der Brücke der A73 auf Fürther Seite in die Pegnitz im August 2019

4.3 Weitere Einleitungen der SUN im Untersuchungsgebiet

Neben den Einleitstellen von KW 1 und KW 2 existieren im Bereich zwischen Lederersteg und Stadtgrenze Nürnberg/Fürth 9 Einleitstellen von Misch- und Niederschlagswässern, die im Bedarfsfall anspringen. Anzahl der Entlastungsereignisse, Entladungsdauer sowie Entlastungsfracht (CSB), die im Rahmen der aktuellen Schmutzfrachtberechnung von SUN rechnerisch ermittelt wurden, sind in Tab. 4 angegeben. Angaben zur chemischen Wasserqualität der Einleitwässer können nicht gemacht werden, da diese nicht erhoben wird.

Tab. 4: Misch- und Niederschlagswassereinleitstellen von SUN in die Pegnitz zwischen Lederersteg und Stadtgrenze Nürnberg/Fürth mit Angaben gemäß Schmutzfrachtberechnung. Angaben zur Entlastungsfracht beziehen sich auf den CSB.

	Anzahl	Dauer [h]	Entlastungsfracht [kg/a]
RÜ 49/50 Reutersbrunnenstraße	1	1,27	569
RÜB 14 Maximilianstraße	16	287,83	120.907
RÜB 6 Schniegling	11	182,58	68.353
RÜSK 2 Holsteiner Straße	2	2,98	1.037
RÜ 54 Weihergartenstr./Wahlerstr.	1	1,35	41
RÜB 16 Adolf-Braun-Straße	9	70,27	94.573
RÜSK 8Südwestlicher Hauptsammler 2	12	165,95	124.284
RÜ 65 Weihergartenstraße	0	0	0
RÜ 57 Niederweg (PW 10)	10	32,35	557
			410.321

5 Temperatur- und Abflussverhältnisse an der Pegnitz im Untersuchungszeitraum

Die Lufttemperaturverhältnisse gemäß des Deutschen Wetterdienstes, gemessen an der Station in Nürnberg Flughafen (Stationsnr. 3668) und die Abflussverhältnisse (jeweils Tagesmittel) an der Pegnitz gemäß Pegelanlage Lederersteg sind für die jeweiligen Untersuchungstermine (Erfassung der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter (ACP) und der biologischen QK MZB, Makrophyten & Phytobenthos und Fische) in Abb. 9 dargestellt.

Die Temperaturmonatswerte lagen auch im Jahr 2019 über den langjährigen Mittelwerten und zeigten insbesondere sehr milde Wintertemperaturen im Jahreswechsel (2019/2020) an. Der europaweit extrem trockene Sommer bzw. Herbst 2018 sowie ein relativ niederschlagsarmer Sommer 2019 führten letztendlich dazu, dass die Abflussverhältnisse der Pegnitz größtenteils im Bereich des mittleren Niedrigwasserabflusses (MNQ) bzw. sogar darunter lagen (NQ wurde nicht erreicht). Wenige größere Regenereignisse führten zwar immer mal wieder zu Abflussspitzen, diese klangen jedoch auf Grund der allgemeinen Trockenheit schnell wieder ab. Erst die Regenfälle im Februar und März 2020 sorgten über einen etwas längeren Zeitraum für Abflussverhältnisse über dem mittleren Abflussniveau (MQ). Ab Mitte März wurde dieses Niveau jedoch wieder unterschritten. Daten zur Abflussstatistik an der Messstelle Nürnberg Lederersteg gemäß Hochwassernachrichtendienst Bayern (HND) sind in Tab. 5 angegeben.

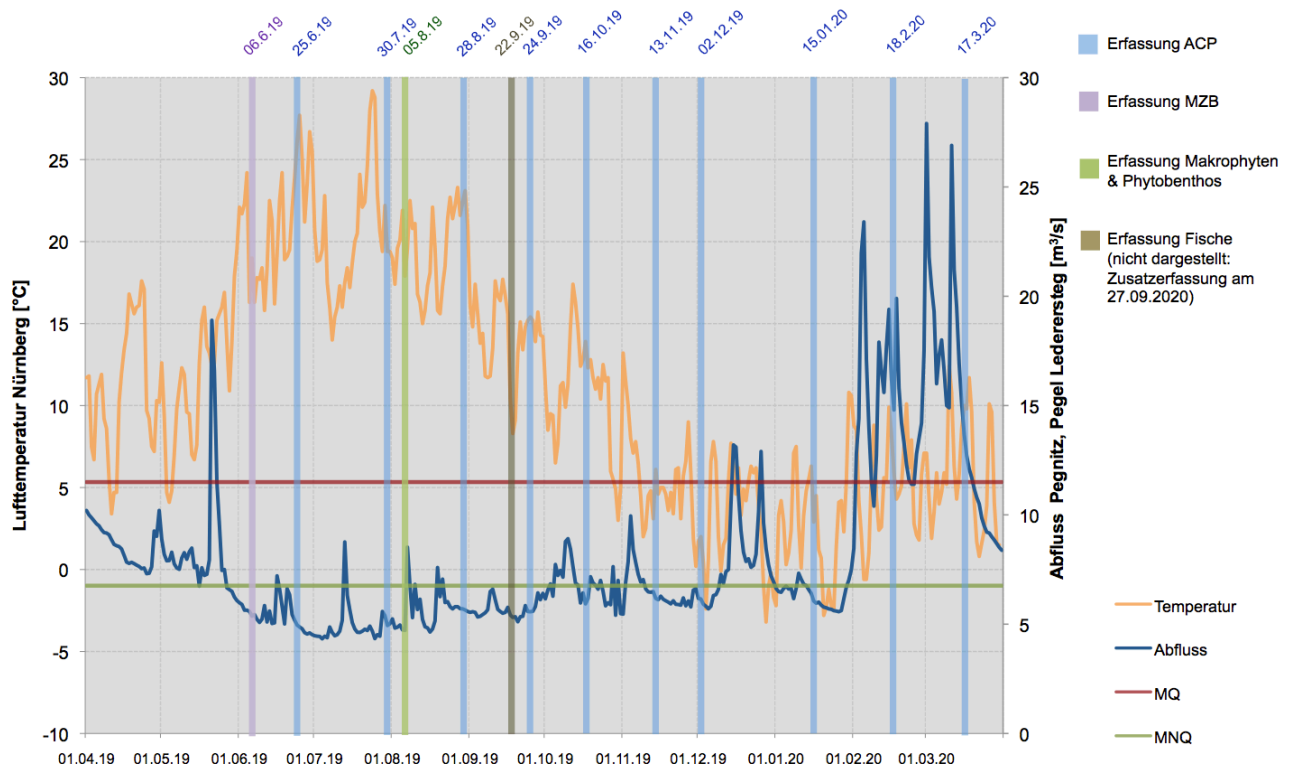


Abb. 9: Abfluss- und Temperaturverhältnisse der Pegnitz am Pegel Lederersteg im Zeitraum der gewässerökologischen Untersuchung. Farblich hinterlegt sind die Wasserprobennahmen zur Erfassung der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter (ACP), die MZB-Probennahmen und die Makrophyten & Phytobenthosprobenahmen. Weiter sind statistische Werte des Pegels Lederersteg / Pegnitz angegeben: MQ = mittlerer Abfluss (11,5 m³/s), MNQ = mittlerer Niedrigwasserabfluss (6,76 m³/s).

Tab. 5: Abflussstatistik an der Messstelle Nürnberg Lederersteg (HND Bayern, letzter Aufruf am 13.10.2020)

Abflüsse (Jahresreihe 1911-2012)				
	Winter	Sommer	Jahr	Einheit
NQ	4,2	3,48	3,48	m³/s
MNQ	7,76	6,93	6,76	m³/s
MQ	13,4	9,56	11,5	m³/s
MHQ	55,1	23,1	59,4	m³/s
HQ	149	113	149	m³/s

Biologische Erhebungen

Die Erhebungen des MZB fanden im Juni 2019 bei Abflussverhältnissen von 5,37 m³/s (Pegel Lederersteg) und damit im Bereich knapp unter MNQ statt. Die Probenahmen zur pflanzlichen Qualitätskomponente (Makrophyten, Phytobenthos inkl. Diatomeen) im August 2019 sowie die Erhebung der Fischfauna mittels Elektrofischung im September 2019 fanden ebenfalls bei Abflussbedingungen unter MNQ (4,74 m³/s bzw. 5,36 m³/s) statt. Die Elektrofischung im September 2020 bei PS 3 erfolgte bei MQ (11,5 m³/s).

Chemische Erhebungen

Die Erhebungen der Wasserchemie erfolgten einmal monatlich von Juni 2019 bis März 2020 an insgesamt 10 Terminen. Über weite Teile des Untersuchungszeitraumes lagen an der Pegnitz Abflussverhältnisse unter MNQ-Niveau vor. Unter diesen Voraussetzungen lag das Mischverhältnis der Einleitmengen durch KW 1 im Vergleich zur Abflussmenge des Flusses (Summe aus Abfluss Pegnitz Lederersteg und Abfluss KW 2) stets unter 7:1. Im September 2019 lag infolge hoher Einleitmengen durch KW 1 ein Verhältnis von 2,6:1 vor. Erst als zu Jahresbeginn 2020 (Februar, März) der Pegel infolge starker Regenfälle über MQ anschwell lag die Mischverhältnisse bei etwa 10:1. Die Abflusssituation an der Pegnitz, die Einleitmenge von KW 1 und 2 und das daraus resultierende Mischverhältnis unterhalb KW 1 an den jeweiligen Probenahmetagen sind in Tab. 6 dargestellt. Die zugehörigen Lufttemperaturen können Abb. 9 entnommen werden.

Tab. 6: Mischverhältnisse von Abfluss (Q) Pegnitz und Abfluss KW 2 zu Abfluss KW 1 an den einzelnen Probenahmetagen. Abflüsse sind jeweils in m³/s angegeben. Abflussdaten Pegnitz: Pegel Lederersteg; Abflussdaten KW 1 und KW 2: Eigenüberwachungsdaten SUN

Datum	Q _{Pegnitz}	Q _{KW2}	Q _{KW1}	Q _{Pegnitz+KW2} / Q _{KW1}
25.06.19	4,87	0,48	1,25	4,3 : 1
30.07.19	4,94	0,45	1,33	4,1 : 1
28.08.19	5,71	0,42	1,26	4,9 : 1
24.09.19	5,58	0,71	2,38	2,6 : 1
16.10.19	6,43	0,47	1,12	6,2 : 1
13.11.19	6,49	0,47	1,11	6,3 : 1
03.12.19	5,91	0,47	1,09	5,8 : 1
15.01.20	6,41	0,52	1,14	6,1 : 1
18.02.20	19,9	0,55	1,64	12,5 : 1
17.03.20	12,7	0,53	1,36	9,7 : 1

6 Untersuchung der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter (ACP)

6.1 Methodik

Die physikalisch-chemischen Standardparameter (pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit (25 °C), Temperatur, Sauerstoffsättigung und -gehalt) wurden mit einem Multiparameter-Gerät der Fa. WTW Xylem Analytics (Modell MPP 930) ermittelt. Weitere chemische Parameter wurden durch das akkreditierte Labor der WESSLING GmbH, Neuried (Tab. 7) analysiert. Die Probennahmen erfolgte durch die ÖKON GmbH nach DIN 38402-Teil 15 (April 2010; Mischprobe aus 10 Einzelproben à 1L mittels Schöpfer) im Zeitraum von Juni 2019 bis März 2020 an insgesamt 10 Terminen (25.06.19, 30.07.19, 28.08.19, 24.09.19, 16.10.19, 13.11.19, 02.12.19, 15.01.20, 18.02.20, 17.03.20). Für bestimmte Parameter erfolgte eine Filtration vor Ort mit Hilfe von Spritzenvorsatzfiltern (0,45 µm) (Abb. 10).

Tab. 7: Untersuchte ACP und angewandte Analysemethodik im Labor

Parameter	Analysemethodik
Sulfat (SO ₄)	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Chlorid (Cl)	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Nitrat - N (NO ₃ -N)	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Nitrit - N (NO ₂ -N)	DIN EN 26777: 1993-04
Orthophosphat (O-PO ₄)	DIN EN 1189: 1996-12
Gesamtphosphor (TP)	DIN EN ISO 17294-2
Ammonium - N (NH ₄ -N)	DIN 38406 E5-1: 1983-10
Calcium (Ca ²⁺)	DIN EN ISO 17294-2 (2005-02)
Magnesium (Mg ²⁺)	DIN EN ISO 17294-2 (2005-02)
Natrium (Na ⁺)	DIN EN ISO 17294-2 (2005-02)
CSB	DIN 38409 H41: 1980-12
BSB 5	DIN EN 1899-1: 1998-05
DOC	DIN EN 1484: 1997-08
TOC	DIN EN 1484 (H3): 1997-08
Eisen (Fe)	DIN EN ISO 17294-2 (2005-02)
Calciumhärte	DIN EN ISO 11885
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2 (2005-02)
Blei	DIN EN ISO 17294-2 (2005-02)
Quecksilber	DIN EN ISO 12846 (2012-08)
Nickel	DIN EN ISO 17294-2 (2005-02)
AOX	DIN EN ISO 9562 (2005-02)
Chrom (aus Fraktion < 63 µm)	DIN EN ISO 11456 (1996-12) DIN EN 13657 (2003-01) DIN EN ISO 11885 (2009-09)
Kupfer (aus Fraktion < 63 µm)	
Zink (aus Fraktion < 63 µm)	

Die Erhebung der Parameter Chrom, Kupfer und Zink erfolgte vierteljährlich. Hierzu wurden über einen Zeitraum von ca. 3 Wochen pro Probestelle je ein Sedimentkasten (Schwebstoffsammler)

der Fa. BHK Kunststoff (Selb) in der Pegnitz exponiert, im Anschluss daran die so aufgesammelten Schwebstoffe im Labor gesiebt (63 µm-Fraktion) und anschließend hinsichtlich der drei genannten Parameter analysiert (Abb. 10). Die Ausbringung der Schwebstoffsammler erfolgte jeweils vom 06.06.19 bis 25.06.19, 24.09.19 bis 16.10.19, 13.11.19 bis 02.12.19 und vom 18.02.20 bis 17.03.20. Ein Fall von Vandalismus im August/September sorgte dafür, dass der Versuch einmal wiederholt werden musste, was zu einer leichten Verschiebung des Vierteljahres-Rhythmus führte.



Abb. 10: Sedimentbox zum Aufsammeln der Schwebstoffe (oben links), exponiert in der Pegnitz (oben rechts). Schwebstoffentnahme aus der Sedimentbox (Mitte links & rechts). Abfüllen der Wasserproben mit vorheriger Filtration (unten links) und ohne Filtration (unten rechts).

Die bioverfügbaren Konzentrationen der Schwermetalle Nickel und Blei wurden über die gemessenen Werte der Parameter gelöster organischer Kohlenstoff (DOC), Calcium (Ca), pH-Wert, Nickel und Blei mit der Software bio-met bioviability tool (Bio-met) berechnet.

Die Konzentration von Ammoniak (NH_3) und Ammoniak-Stickstoff ($\text{NH}_3\text{-N}$) lässt sich aus der Ammonium-Stickstoff-Konzentration ($\text{NH}_4\text{-N}$), dem negativen dekadischen Logarithmus der Säurekonstante (pK_s), der Temperatur (T) und dem pH-Wert nach folgender Formel nach Emerson et al. (1975) berechnen:

$$\text{NH}_3 - \text{N} = \frac{1}{[10^{(\text{pK}_s - \text{pH})} + 1]} \cdot \text{NH}_4 - \text{N} \text{ [mg/l]}$$

$$\text{mit: } \text{pK}_s = 0,09018 + \frac{2729,92}{273,2 + T}$$

Die Konzentration an Ammonium (NH_3) kann aus der Konzentration von Ammoniak-Stickstoff ($\text{NH}_3\text{-N}$) und dem Atomgewichtsanteil von Stickstoff (N) am Molekülgewicht von NH_3 ermittelt werden:

$$\text{NH}_3 = \text{NH}_3\text{-N} * 1,215$$

6.2 Ergebnisse der Erhebungen der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter

6.2.1 Physikalisch-chemische Standardparameter

In Tab. 8 sind die erhobenen Messwerte der physikalisch-chemischen Standardparameter aus 10 Durchgängen, je eine monatliche Messung von Juni 2019 bis März 2020, dargestellt. Als Bewertungsgrundlage wurden die Orientierungswerte nach der OGewV (2016) für Fließgewässertyp 9.2 herangezogen. Diese sind als Jahresdurchschnittswerte zu verstehen. Zur Beurteilung der Leitfähigkeit wurden Werte aus Pottgiesser (2018) verwendet.

Tab. 8: Ergebnisse der Erhebungen der physikalisch-chemischen Standardparameter (elektr. LF: elektrische Leitfähigkeit; T: Temperatur; UZ: Untersuchungszeitraum; Mittelwert T: $T_{\text{Winter}}/T_{\text{Sommer}}$)

PS	Datum	Uhrzeit	pH-Wert	elektr. LF [µS/cm]	T [°C]	O ₂ -Sättigung [%]	O ₂ -Gehalt [mg/l]
PS 1	25.06.2019	09:56	8,53	552	21,4	112,4	9,63
PS 2	25.06.2019	11:05	8,56	552	21,7	114,6	9,81
PS 3	25.06.2019	12:15	8,08	696	21,7	90,8	7,80
PS 1	30.07.2019	09:11	8,02	581	19,1	93,2	8,33
PS 2	30.07.2019	10:05	7,95	602	19,4	90,8	8,70
PS 3	30.07.2019	10:54	7,76	640	19,7	81,9	7,22
PS 1	28.08.2019	08:47	8,16	583	19,1	98,2	8,80
PS 2	28.08.2019	09:37	8,21	585	19,2	97,6	8,73
PS 3	28.08.2019	10:30	7,78	722	19,8	82,7	7,30
PS 1	24.09.2019	09:40	8,18	595	12,1	101,1	10,50
PS 2	24.09.2019	10:55	8,09	608	12,8	100,4	10,25
PS 3	24.09.2019	12:15	7,76	637	14,0	89,4	8,90
PS 1	16.10.2019	09:10	8,03	567	12,8	97,6	7,00
PS 2	16.10.2019	11:10	7,99	597	13,4	96,3	9,72
PS 3	16.10.2019	12:30	7,69	659	14,4	81,3	8,04
PS 1	13.11.2019	09:25	8,24	587	6,6	101,7	11,93
PS 2	13.11.2019	10:40	8,18	611	7,1	100,1	11,60
PS 3	13.11.2019	11:50	7,83	733	8,9	87,7	9,71
PS 1	03.12.2019	09:25	8,26	584	5,0	101,2	12,71
PS 2	03.12.2019	10:22	8,09	620	5,9	98,3	12,07
PS 3	03.12.2019	11:25	7,83	691	6,9	90,3	10,78
PS 1	15.01.2020	09:35	8,27	596	4,8	102,9	12,86
PS 2	15.01.2020	10:35	8,18	625	5,4	100,9	12,44
PS 3	15.01.2020	11:45	7,89	730	6,4	92,9	11,13
PS 1	18.02.2020	09:10	8,13	505	6,6	104,5	12,54
PS 2	18.02.2020	10:30	8,10	508	6,6	103,2	12,36
PS 3	18.02.2020	12:00	7,77	501	7,5	97,0	11,39
PS 1	17.03.2020	09:30	8,16	537	7,6	104,3	12,23
PS 2	17.03.2020	10:25	8,10	557	7,9	102,5	11,95
PS 3	17.03.2020	11:30	7,82	618	8,6	94,3	10,80
PS 1	Mittelwert (UZ)		8,20	569	6,0/15,2	101,7	10,65
PS 2	Mittelwert (UZ)		8,15	587	6,5/15,6	100,5	10,76
PS 3	Mittelwert (UZ)		7,82	663	7,4/16,4	88,8	9,31

Orientierungswerte nach OGewV (2016) für Fließgewässertyp 9.2

Bewertung Zustand	Typ	pH	T _{max Winter} [°C]	T _{max Sommer} [°C]	O ₂ Gehalt [mg/l]
sehr gut	JD	-	≤ 10	≤ 20	> 8
gut	JD	7,0 - 8,5	≤ 10	≤ 23	> 7
ungünstig	JD	Orientierungswerte werden überschritten			

Bewertung nach Pottgiesser (2018) für Fließgewässertyp 9.2

Wert	elektr. LF [µS/cm]
Leitwertbereich	300 - 800
Wert überschritten	> 800

Elektrische Leitfähigkeit

Für die elektrische Leitfähigkeit sind in der aktuellen OGewV (2016) keine Orientierungswerte angegeben. Fließgewässer des Typs 9.2 weisen jedoch typischerweise Werte von 300 – 800 µS/cm auf (Pottgiesser 2018). Dieser Wertebereich wurde im Untersuchungszeitraum an allen drei Probestellen stets eingehalten. Im Jahresmittel liegt die elektrische Leitfähigkeit bei PS 3, unterhalb der Einleitung von KW 1, mit einem Wert von 663 µS/cm etwas höher als noch bei PS 2 (587 µS/cm) bzw. PS 1 (569 µS/cm).

pH-Wert

Die pH-Werte lagen mit Ausnahme der Messung von Juni 2019 durchweg im Toleranzbereich (pH 7,0-8,5), der dem Gewässer nach der OGewV (2016) einen „guten ökologischen Zustand“ bescheinigte. Im Juni war bereits der Ausgangswert bei PS 1 leicht erhöht. Der Messwert flussab bei PS 2 unterschied sich von diesem nur geringfügig und lag minimal höher. Dieser relativ hohe pH-Wert ist insofern kritisch zu sehen, da mit steigendem pH (insbesondere im Bereich von pH 9) in zunehmendem Maße im Wasser gelöster, fischgiftiger Ammoniak an Stelle von Ammonium-Ionen vorliegt. Unterhalb der EL von KW 1 bestätigte sich dieser erhöhte Wert nicht mehr. Im Jahresmittel zeigte sich eine Abnahme des pH-Werts bei PS 3 (von pH 8,15 auf pH 7,82) infolge der EL von KW 1, die jedoch als moderat einzustufen ist und hinsichtlich der erhöhten Ammonium-N-Werte (s.u.) und der damit zunehmenden Gefahr der Ammoniak-Bildung bei hohen pH-Werten und Wassertemperaturen durchaus auch positiven Effekt hat.

Temperatur

Für cyprinidengeprägte Gewässer des Rhithrals werden laut der OGewV (2016) unterschiedliche Temperaturorientierungswerte für Winter und Sommer angegeben. Für die Wintermonate (Dezember bis März) gilt es im Sinne des „guten ökologischen Zustands“ Temperaturen von ≤ 10 °C, für Sommer (April bis November) Durchschnittstemperaturen von ≤ 23,0 °C einzuhalten. Für den „sehr guten“ Zustand sind Sommertemperaturen von ≤ 20 °C notwendig. Ferner ist gemäß der OGewV (2016) eine maximale Temperaturerhöhung von 2,0 °C ober- und unterhalb einer Einleitungsstelle für Abwärme zulässig.

An allen drei Probestellen lagen die Maximaltemperaturen im Sommerzeitraum stets unter den von der OGewV (2016) postulierten 23 °C („gut“), zumeist unter 20 °C („sehr guter ökologischer Zustand“). Im Mittel ergab sich für die Sommermonate eine Wassertemperatur von 15,2 °C (PS 1),

15,6 °C (PS 2) und 16,4 °C (PS 3). Für die Wintermonate wurden die Vorgaben gemäß OGewV (2016) ebenfalls an den drei Probestellen durchgehend eingehalten. Im Mittel ergab sich im Zeitfenster von Dezember bis März eine Wassertemperatur von 6,0°C an PS 1, 6,5 °C an PS 2 und 7,4 °C an PS 3. Einleitwässer von KW 1 führten folglich zu beiden Zeitfenstern zu Temperaturerhöhungen in der Pegnitz. Die Temperaturdifferenz zwischen den beiden oberhalb von KW 1 liegenden Probestellen, PS 1 und PS 2, betrug im Mittel 0,5 °C und maß maximal 1,0 °C (Februar 2020). Die Vorgaben zur Temperaturdifferenz wurden auch bei PS 3 im Jahresmittel eingehalten: So lag die Wassertemperatur unterhalb der EL von KW 1 im winterlichen Mittel um 0,9 °C höher als bei PS 2 bzw. um 1,4 °C höher als bei PS 1 und im sommerlichen Mittel um 0,8 °C höher als bei PS 2 bzw. um 1,2 °C höher als bei PS 1. Anhand von Einzelmessungen zeigte sich jedoch auch, dass beide Einleitungen in Summe (KW 1 und KW 2) gerade noch im zulässigen Temperaturdifferenzbereich lagen bzw. diesen einmal (November 2019) auch überschritten (Temperaturdifferenz zwischen PS 1 und PS 3: 2,3 °C).

Sauerstoffgehalt und Sauerstoffsättigung

Der Gehalt an gelöstem Sauerstoff lag an allen drei Probestellen zumeist im Bereich des „sehr guten ökologischen Zustands“ (Sauerstoffgehalt > 8 mg/l) auf Basis der OGewV (2016). Im Juni, Juli und August 2019 wurden an PS 3, unterhalb der Einleitung von KW 1, Sauerstoffkonzentrationen von 7,8 mg/l, 7,2 mg/l und 7,3 mg/l gemessen, die immerhin noch mit „gut“ zu bewerten waren. Im Mittel lag die Sauerstoffkonzentration bei PS 3 (9,31 mg/l) um mehr als 1 mg/l niedriger als bei PS 1 (10,65 mg/l) und PS 2 (10,65 mg/l), wurde gemäß OGewV (2016) aber dennoch mit „sehr gut“ bewertet.

Für die prozentuale Sauerstoffsättigung gibt es keine Orientierungswerte nach OGewV (2016). Sättigungsbereiche deutlich über 100 % (Übersättigung) deuten auf eine hohe Photosynthesetätigkeit durch aquatische Flora hin. Werte unter 100 % deuten auf Sauerstoffzehrung z. B. infolge mikrobiologischer Aktivität hin. In der Regel befanden sich die Werte bei PS 1 und PS 2 zwischen 91 % und überwiegend 100 % (ab September 2019) mit Ausnahme von Juni 2019 (PS 1: 112,4 %; PS 2: 114,6 %), so dass die Sauerstoffsättigung im Jahresmittel 101,7 (PS 1) bzw. 100,5 (PS 2) betrug. Der bei PS 3 gemessene Sättigungswert im Jahresmittel lag mit 88 % schon etwas darunter, was auch mit den niedrigeren Sauerstoffwerten korrespondierte.

Geruch, Färbung und Trübung

In den Sommermonaten wies die Pegnitz an allen drei Probestellen überwiegend eine natürlich bedingte (sandiges Bodensubstrat) leichte Trübung auf, die ab September in eine mittlere bis zuweilen starke Trübung (bei hohen Abflüssen) überging. Das Wasser der Pegnitz war an allen drei Probestellen stets +/- leicht gelblich gefärbt. Leichter Abwassergeruch im geschöpften Pegnitzwasser konnte bei PS 2 an fünf von zehn Probenahmeterminen (24.09.19, 16.10.19, 03.12.19, 15.01.20, 18.02.20) festgestellt werden. Unterhalb der EL von KW 1, bei PS 3, war mit Ausnahme der Sommermonate Juni, Juli und August 2019 stets ein leichter bis deutlicher Abwassergeruch wahrnehmbar (insgesamt an 7 von 10 Terminen).



6.2.2 Ergebnisse der Nährstoffanalyse und weiterer chemischer Parameter

Die Messergebnisse der allgemein chemischen Parameter und Schwermetalle sind in Tab. 9 dargestellt und werden im Folgenden genauer erläutert.

Tab. 9: Ergebnisse der monatl. Messungen der allgemein-chemischen Parameter und Schwermetalle (für Pb und Ni sind gemäß OGewV 2016 bereits die bioverfügbaren Mengen angegeben) und der vierteljährlichen Messungen der Parameter Cr, Cu, Zn (Schwebstoffsammler) bei unterschiedlichen Abfluss- und Temperaturverhältnissen (s. Abb. 9). Die Werte sind in der Einheit [mg/l] angegeben, mit Ausnahme von Pb, Cd, Ni, Hg [µg/l]. Erläuterungen zu NH₄-N s. u., Analyselabor: WESSLING GmbH.

PS	Datum	Uhrzeit	o-PO ₄ -P	TP	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	CSB	BSB ₅	TOC	DOC	Fe	Cr	Cu	Zn	Cd	Pb _{biov.}	Ni _{biov.}	Hg	AOX	CACO ₃
PS 1	25.06.19	09:56	0,030	0,067	2,48	0,027	0,093	63,0	27,0	18,0	23,0	34,0	<15,0	0,7	1,8	2,1	0,12	35,0	120,0	360,0	<0,05	0,13	1,00	<0,01	<0,01	157
PS 2	25.06.19	11:05	0,023	0,069	2,48	0,027	0,093	62,0	28,0	19,0	24,0	34,0	<15,0	0,7	1,5	1,9	0,12	36,0	130,0	400,0	<0,05	0,13	1,00	<0,01	<0,01	155
PS 3	25.06.19	12:15	0,090	0,220	3,84	0,430	0,100	63,0	28,0	43,0	40,0	66,0	17,0	1,1	3,7	4,0	0,12	38,0	110,0	400,0	<0,05	0,06	0,91	<0,01	<0,01	157
PS 1	30.07.19	09:11	0,071	0,082	2,48	0,064	0,360	66,0	28,0	20,0	24,0	37,0	<15,0	<0,5	2,7	2,0	0,14	-	-	-	<0,01	0,13	0,96	<0,01	<0,01	165
PS 2	30.07.19	10:05	0,082	0,099	2,94	0,064	0,310	65,0	27,0	25,0	26,0	44,0	<15,0	<0,5	2,7	2,4	0,12	-	-	-	<0,01	0,13	0,87	<0,01	<0,01	162
PS 3	30.07.19	10:54	0,180	0,220	5,42	0,170	0,290	64,0	26,0	34,0	32,0	56,0	<15,0	<0,5	4,1	3,7	0,14	-	-	-	<0,01	0,09	0,95	<0,01	0,011	160
PS 1	28.08.19	08:47	0,040	0,055	2,48	0,024	0,190	67,0	27,0	17,0	24,0	35,0	<15,0	0,5	1,1	2,4	0,20	-	-	-	<0,05	0,13	1,00	<0,01	<0,01	167
PS 2	28.08.19	09:37	0,041	0,056	2,71	0,024	0,150	67,0	27,0	18,0	24,0	35,0	<15,0	<0,5	< 1,0	2,1	0,18	-	-	-	<0,05	0,13	1,00	<0,01	<0,01	168
PS 3	28.08.19	10:30	0,089	0,110	3,39	0,180	0,140	68,0	26,0	43,0	43,0	69,0	16,0	1,0	3,5	5,3	0,09	-	-	-	<0,05	0,07	0,78	<0,01	<0,01	171
PS 1	24.09.19	09:40	0,059	0,059	3,16	0,021	0,290	79,0	31,0	20,0	31,0	37,0	<15,0	<0,5	1,0	2,0	0,24	-	-	-	0,05	0,13	1,00	<0,01	<0,01	196
PS 2	24.09.19	10:55	0,034	0,096	3,16	0,021	0,290	80,0	30,0	24,0	28,0	43,0	<15,0	<0,5	1,7	3	0,22	-	-	-	<0,05	0,09	0,75	<0,01	<0,01	201
PS 3	24.09.19	12:15	0,074	0,130	3,84	0,021	0,360	75,0	27,0	37,0	38,0	55,0	<15,0	<0,5	3,7	4,1	0,21	-	-	-	<0,05	0,07	0,49	<0,01	<0,01	186
PS 1	16.10.19	09:10	0,043	0,083	2,94	0,033	0,180	68,0	27,0	20,0	27,0	36,0	<15,0	0,9	1,5	3,3	0,41	44,0	140,0	420,0	<0,05	0,09	0,75	<0,01	<0,01	170
PS 2	16.10.19	11:10	0,038	0,095	3,16	0,033	0,240	68,0	27,0	26,0	30,0	45,0	<15,0	0,8	1,7	3,6	0,38	14,0	50,0	150,0	<0,05	0,09	0,69	<0,01	0,012	170
PS 3	16.10.19	12:30	0,088	0,180	3,16	0,037	0,620	66,0	26,0	42,0	41,0	60,0	<15,0	1,6	3,8	5,1	0,37	37,0	120,0	360,0	<0,05	0,07	0,78	<0,01	0,013	165



PS	Datum	Uhrzeit	o-PO ₄ -P	TP	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	CSB	BSB ₅	TOC	DOC	Fe	Cr	Cu	Zn	Cd	Pb _{biav.}	Ni _{biav.}	Hg	AOX	CACO ₃
PS 1	13.11.19	09:25	0,036	0,085	2,94	0,024	0,230	87,0	30,0	21,0	28,0	35,0	<15,0	<0,5	2,1	1,8	0,42	-	-	-	<0,01	0,18	1,00	<0,01	0,015	217
PS 2	13.11.19	10:40	0,058	0,110	3,39	0,027	0,230	86,0	30,0	26,0	30,0	42,0	<15,0	<0,5	2,2	2,2	0,39	-	-	-	<0,01	0,13	1,20	<0,01	0,011	215
PS 3	13.11.19	11:50	0,123	0,220	6,55	0,082	0,190	86,0	29,0	50,0	45,0	68,0	<15,0	0,8	4,5	4,5	0,35	-	-	-	<0,01	0,07	0,84	<0,01	0,011	215
PS 1	03.12.19	09:25	0,05	0,100	2,71	0,027	0,330	79,0	28,0	19,0	26,0	33,0	<15,0	0,9	3,2	3,2	0,41	45,0	150,0	400,0	0,03	0,20	1,00	<0,01	<0,05	197
PS 2	03.12.19	10:22	0,06	0,120	3,16	0,032	0,470	83,0	28,0	27,0	29,0	42,0	<15,0	0,6	3,9	3,5	0,37	30,0	100,0	280,0	0,02	0,20	0,97	<0,01	<0,05	207
PS 3	03.12.19	11:25	0,12	0,130	4,97	0,076	0,430	80,0	27,0	38,0	37,0	56,0	<15,0	0,9	4,8	3,8	0,33	38,0	110,0	360,0	0,02	0,11	0,89	<0,01	<0,05	199
PS 1	15.01.20	09:35	0,039	0,087	3,39	0,018	0,120	79,0	28,0	21,0	29,0	37,0	55,0	<0,5	3,0	2,7	0,39	-	-	-	<0,01	0,09	1,00	<0,01	<0,05	197
PS 2	15.01.20	10:35	0,050	0,100	4,07	0,018	0,160	79,0	28,0	27,0	31,0	45,0	<15,0	<0,5	3,8	2,9	0,37	-	-	-	<0,01	0,09	0,83	<0,01	<0,05	197
PS 3	15.01.20	11:45	0,057	0,140	8,81	0,024	0,100	77,0	27,0	49,0	39,0	76,0	<15,0	<0,5	8,3	5,3	0,37	-	-	-	<0,01	0,06	1,08	<0,01	<0,05	192
PS 1	18.02.20	09:10	0,061	0,110	3,16	0,030	0,170	60,0	16,0	20,0	27,0	34,0	17,0	1,2	3,8	3,7	0,58	-	-	-	<0,01	0,09	0,91	<0,01	0,016	150
PS 2	18.02.20	10:30	0,062	0,120	3,39	0,030	0,170	57,0	18,0	24,0	27,0	35,0	19,0	0,6	3,5	3,3	0,61	-	-	-	<0,01	0,08	1,05	<0,01	0,015	142
PS 3	18.02.20	12:00	0,053	0,160	3,61	0,035	0,360	54,0	15,0	27,0	27,0	40,0	19,0	1,1	5,4	4,5	0,83	-	-	-	<0,01	0,06	0,79	<0,01	0,012	135
PS 1	17.03.20	09:30	0,036	0,070	3,16	0,018	0,190	71,0	19,0	18,0	26,0	30,0	<15,0	<0,5	3,0	2,6	0,35	44,0	130,0	360,0	0,02	0,20	1,30	<0,01	0,014	177
PS 2	17.03.20	10:25	0,039	0,074	3,39	0,015	0,210	71,0	20,0	21,0	27,0	34,0	<15,0	<0,5	3,0	2,8	0,31	39,0	120,0	350,0	0,02	0,12	0,97	<0,01	0,013	177
PS 3	17.03.20	11:30	0,064	0,160	6,10	0,015	0,230	71,0	20,0	31,0	34,0	47,0	<15,0	0,6	4,6	3,6	0,43	35,0	97,0	310,0	<0,01	0,13	1,01	<0,01	0,011	177
PS 1	Mittelwert (UZ)		0,047	0,080	2,89	0,029	0,213	71,9	26,1	19,4	26,5	34,8	17,5	0,6	2,3	2,6	0,33	42,0	135,0	385,0	0,027	0,14	0,99	<0,01	0,011	179
PS 2	Mittelwert (UZ)		0,049	0,094	3,19	0,029	0,232	71,8	26,3	23,7	27,6	39,9	14,0	0,5	2,7	2,8	0,31	29,8	100,0	295,0	0,025	0,12	0,93	<0,01	0,010	179
PS 3	Mittelwert (UZ)		0,094	0,167	4,97	0,107	0,284	70,4	25,1	39,4	37,6	59,3	14,3	0,8	4,6	4,4	0,32	37,0	109,3	357,5	0,025	0,08	0,85	<0,01	0,010	176



Abkürzungen: Probestelle (PS), ortho-Phosphat-Phosphor (o-PO₄-P), Gesamtphosphor (TP), Nitrat-Stickstoff (NO₃-N), Nitrit-Stickstoff (NO₂-N), Ammonium-Stickstoff (NH₄-N, Calcium Ca²⁺, Magnesium (Mg²⁺), Natrium (Na⁺), Sulfat (SO₄), Chlorid (Cl), Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Biologischer Sauerstoffbedarf über 5 Tage (BSB₅), Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC), Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC), Eisen (Fe), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Zink (Zn), Cadmium (Cd), bioverfügbares Blei (Pb_{biov.}), bioverfügbares Nickel (Ni_{biov.}), Quecksilber (Hg), Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX), Calciumhärte (CaCO₃), Untersuchungszeitraum (UZ), Jahresdurchschnitt (JD), zulässige Höchstkonzentration (ZHK).

Einstufung der Orientierungswerte und Umweltqualitätsnormen:

Orientierungswerte nach OGewV 2016 (Fließgewässertyp 9.2):

Bewertung Zustand	Typ	NH ₄ -N [mg/l]	NO ₂ -N [mg/l]	o-PO ₄ -P [mg/l]	TP [mg/l]	TOC [mg/l]	Cl [mg/l]	SO ₄ [mg/l]	BSB ₅ [mg/l]	Eisen [mg/l]
sehr gut	JD	≤ 0,04	≤ 0,010	≤ 0,02	≤ 0,05	< 7	≤ 50	≤ 25	< 3	-
gut	JD	≤ 0,10	≤ 0,050	≤ 0,07	≤ 0,10	< 7	≤ 200	≤ 220	< 3	≤ 0,7
ungünstig	JD	Orientierungswerte werden überschritten								

Umweltqualitätsnormen (Grenzwerte) nach OGewV (2016)

Bewertung Zustand	Typ	Cd *1 [µg/l]	Pb *2 [µg/l]	Hg [µg/l]	Ni *2 [µg/l]	Cr *3 [mg/kg]	Cu *3 [mg/kg]	Zn *3 [mg/kg]
chemischer Zustand "gut"	JD	≤ 0,15	≤ 1,2	-	≤ 4,0	≤ 640,0	≤ 160,0	≤ 800
	ZHK	≤ 0,90	≤ 14,0	≤ 0,07	≤ 8,6	-	-	-
chem. Zustand "nicht gut"		Grenzwerte überschritten						

*1 = für Wasserhärteklasse 4

*2 = bioverfügbare Konzentrationen

*3 = Schwebstoff bzw. Sediment mit Sammelkasten, Fraktion < 63 µm

Güteklassifikation nach LAWA (1998)

Bewertung Zustand	Typ	NO ₃ -N *1 [mg/l]	CSB *2 [mg/l]	DOC *1 [mg/l]	AOX *1 [µg/l]
(I) unbelastet	JD	≤ 1	≤ 5	≤ 2	0
(I-II) geringe Bel.	JD	≤ 1,5	≤ 7	> 2 - ≤ 3	> 0 - ≤ 10
(II) mäßige Bel.	JD	≤ 2,5	≤ 11-15	> 3 - ≤ 5	> 10 - ≤ 25
(II-III) deutliche Bel.	JD	≤ 5	≤ 26-35		> 25 - ≤ 50
(III) erhöhte Bel.	JD	≤ 10	≤ 30-150		> 50 - ≤ 100
(III-IV) hohe Bel.	JD	≤ 20	≤ 150-390		> 100 - ≤ 200
(IV) sehr hohe Bel.	JD	> 20	> 390		> 200

*1 = Güteklassifikation nach LAWA (1998) in BMU (2001); *2 = Baier (2013), Universität Erlangen

Orientierungswerte (OW) nach ube & chromgruen (2012, 2015)

Bewertung Zustand	Typ	Mg ²⁺ [mg/l]	Ca ²⁺ [mg/l]	Na ⁺ [mg/l]
OW für das Erreichen des "guten ökol. Zustands"	JD	≤ 30,5	≤ 135,0	≤ 55,0
OW überschritten	JD	> 30,5	> 135,0	> 55,0

Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den Anforderungen der OGewV (2016) an den „guten“ bzw. „sehr guten ökologischen Zustand/Potential“, den Orientierungswerten nach ube & chromgruen (2015) und der Güteklassifikation nach LAWA (1998) um Jahresdurchschnittswerte handelt. Die Bewertungen und nachfolgende Interpretationen basierten einerseits auf den Einzelwerten sowie den Mittelwerten der durchgeführten zehn Probenahmen, die annäherungsweise den Jahresmittelwerten entsprechen.

Ammonium-Stickstoff (NH₄-N) und Ammoniak (NH₃)

Die NH₄-N-Werte lagen nahezu über den kompletten Untersuchungszeitraum auf einem auffallend hohen Niveau und überschritten an allen drei Probestellen die Anforderung an den „guten ökologischen Zustand“ gemäß OGewV (2016), die bei 0,10 mg/l liegt. Im Schnitt lagen die Werte mehr als doppelt bis nahezu dreifach (PS 3) so hoch wie von der OGewV vorgegeben, so dass sich im Jahresmittel Werte von 0,21 mg/l (PS 1), 0,23 mg/l (PS 2) und 0,28 mg/l (PS 3) ergaben.

Auf Grund der ungewöhnlich hohen Werte erfolgte im Rahmen einer Plausibilisierungsprüfung ein Vergleich der ÖKON-Werte (Analyse durch das akkreditierte Labor der WESSLING GmbH) mit den monatlichen Messungen des WRRL-Monitorings vom WWA Nürnberg sowie mit den Messungen der ARGE-Station (Messungen im 15-Minuten-Takt) an der Theodor-Heuss-Brücke. Die WRRL-Messstellen des WWA befinden sich auf Höhe des Ledererstegs, etwa 750 m flussauf PS 1, sowie am Friedhofsteg, etwa 3,2 km flussab PS 3, kurz vor Zusammenfluss von Pegnitz und Rednitz. Die ARGE-Messstation liegt nur wenige Meter flussauf PS 1. Die Messergebnisse des WWA und der ARGE (Verwendung von Daten +/- zum Zeitpunkt der ÖKON-Probenahme) können Tab. 10 entnommen werden. Im Mittel ergab sich am Lederersteg sowie an der ARGE-Messstation ein NH₄-N-Wert von 0,09 mg/l.

Es ist offensichtlich, dass hinsichtlich der NH₄-N -Konzentrationen, ermittelt durch das Labor WESSLING, eine systematische Überschätzung vorliegt. Die Befunde des Labors WESSLING unterschieden sich stark von jenen der ARGE-Messstation sowie des WWA Nürnberg. In kurzfristig im Juli 2020 anberaumten und mit dem WWA Nürnberg abgestimmten Zusatzprobenahmen (s. Anhang IV) lagen die WESSLING-Werte deutlich näher an jenen der anderen Labore/Messungen, waren aber dennoch erneut die höchstgemessenen der jeweiligen Probestellen. Dank der Zusatzprobenahme konnte zudem ausgeschlossen werden, dass kontinuierliche Einleitungen zwischen der ARGE-Messstation und PS 1 für die erhöhten WESSLING-Werte verantwortlich sind.

Um den Einfluss von KW 1 auf die NH₄-N-Konzentration in der Pegnitz abschätzen zu können, wurde aus den WESSLING-Daten, die zwar von der Dimension viel zu hoch liegen, aber zumindest in sich einigermaßen stimmig erscheinen, für jede Probenahme jeweils der Faktor, um den sich PS 2 von PS 1 bzw. PS 2 von PS 3 unterschied, berechnet. In einem ersten Schritt wurden

diese Faktoren jeweils mit den WWA-Werten vom Lederersteg und in einem zweiten Szenario mit jenen der ARGE-Messstation (die Konzentrationen beider Messstellen werden als Ausgangsbelastung oberhalb der beiden KW-Einleitungen angesehen) multipliziert, um die NH₄-N-Konzentrationen an PS 2 abzuschätzen. In einem zweiten Schritt wurde dann anhand der Faktoren und der Konzentrationen an PS 2 die NH₄-N-Konzentrationen an PS 3 **annäherungsweise** ermittelt.

Die Ergebnisse der Abschätzung sind in Tab. 10 dargestellt.

Tab. 10: Rechnerisch abgeschätzte Konzentrationen an NH₄-N in der Pegnitz bei PS 2 (uh. EL KW 2) und PS 3 (uh. EL KW 1) aus den Ausgangskonzentrationen oberhalb der EL der beiden KW (WRRL-Messstelle Lederersteg bzw. ARGE-Messstation an der Theodor-Heuß-Brücke) und den aus den WESSLING-Analysen ermittelten Berechnungsfaktoren.

Datum	WRRL-Lederersteg NH ₄ -N	Faktor	PS 2 NH ₄ -N	Faktor	PS 3 NH ₄ -N
26.06.19	0,03	1,00	0,03	1,08	0,032
24.07.19	0,14	0,86	0,121	0,94	0,113
21.08.19	0,13	0,79	0,103	0,93	0,096
17.09.19	0,1	1,00	0,100	1,24	0,124
14.10.19	0,06	1,50	0,090	2,58	0,233
11.11.19	0,06	1,00	0,060	0,83	0,050
09.12.19	0,07	1,42	0,100	0,91	0,091
08.01.20	0,05	1,33	0,067	0,63	0,042
05.02.20	0,15	1,00	0,150	2,24	0,335
04.03.20	0,08	1,11	0,088	1,10	0,097
Mittelwert	0,087	-	0,091	-	0,121

Datum	ARGE-Messstation NH ₄ -N	Faktor	PS 2 NH ₄ -N	Faktor	PS 3 NH ₄ -N
25.06.19 10:00	0,043	1,00	0,043	1,08	0,046
30.07.19 09:15	0,145	0,86	0,125	0,94	0,117
28.08.19 08:45	0,071	0,79	0,056	0,93	0,052
24.09.19 09:45	0,084	1,00	0,084	1,24	0,104
16.10.19 09:15	0,107	1,50	0,161	2,58	0,415
13.11.19 09:30	0,113	1,00	0,113	0,83	0,093
03.12.19 09:30	0,124	1,42	0,177	0,91	0,162
15.01.20 09:30	0,074	1,33	0,099	0,63	0,062
18.02.20 09:15	0,119	1,00	0,119	2,24	0,266
17.03.20 09:30	0,057	1,11	0,063	1,10	0,069
Mittelwert	0,094	-	0,104	-	0,139

In der Betrachtung der beiden Szenarien ergibt sich, dass die Orientierungswertvorgaben der OGewV (2016) im Jahresdurchschnitt sowohl ober- als auch unterhalb der Einleitung von KW 2 (PS 2) eingehalten wurden. Bei PS 2 lag die abgeschätzte NH₄-N-Durchschnittskonzentration im Szenario „ARGE-Messstation“ allerdings bereits direkt an der Grenze zur Überschreitung des Orientierungswertes, wobei die Einleitwässer von KW 2 im Jahresmittel lediglich zu einem geringfügigen weiteren Anstieg der NH₄-N-Konzentrationen in der Pegnitz führten. Bei PS 3 wurde die Orientierungswertvorgabe in beiden Szenarios mit NH₄-N-Werten von 0,121 mg/l bzw. 0,139 mg/l deutlich überschritten.

Im Vergleich hierzu lag an der WRRL-Messstelle Friedhofsteg, ca. 3 km unterhalb PS 3, im vergleichbaren Zeitraum (Juni 2019 - März 2020) eine mittlere NH₄-N-Konzentration von 0,17 mg/l, gemessen durch das WWA N, vor. Der höhere Wert am Friedhofsteg könnte auf die Unschärfe der Hochrechnung an PS 3 für die beiden Szenarios hinweisen, allerdings münden unterhalb der Einleitung von KW 1 bis zum Friedhofsteg noch der Karlsberggraben, an den der Poppenreuther Landgraben und der Stadtwiesengraben angeschlossen sind sowie der Wetzendorfer Landgraben in die Pegnitz. Die Gräben durchziehen teils ackerbaulich stark genutzte Flächen und könnten für weitere NH₄-N-Frachten verantwortlich sein.

Ein Blick auf die Einzelwerte zeigte, dass bereits oberhalb der KW-Einleitungen mitunter Konzentrationsverhältnisse vorlagen, die nicht mehr im Orientierungswertbereich lagen und diesen teils sogar deutlich überschritten. Ferner konnte festgestellt werden, dass vor allem in der kühleren Jahreszeit (wobei zu beachten wäre, dass der meteorologische Winter 2019/2020 deutschlandweit der zweitwärmste seit Aufzeichnungsbeginn im Jahr 1881 war - Quelle: DWD) mitunter unterhalb der Einleitungen von KW 2 bzw. KW 1 deutliche Anstiege der NH₄-N-Konzentrationen vorlagen. Am 16.10.19 betrug an PS 3 (unterhalb KW 1) die ermittelte NH₄-N-Konzentration 0,415 mg/l und lag damit 4-fach über der Orientierungswertvorgabe. Hinsichtlich der Einzelwerte dürfte das Szenario „ARGE-Messstation“ realitätsnäher sein, als das Szenario „WRRL-Lederersteg“, weil die Werte der ARGE-Messstation mit einer Abweichung von maximal 15 Minuten in engem zeitlichen Zusammenhang zu den von ÖKON erhobenen Daten inklusive der ermittelten Berechnungsfaktoren liegen.

Es sei an dieser Stelle noch einmal angemerkt, dass es sich bei den ermittelten Zahlen aus genannten Gründen nur um eine grobe Abschätzung handeln kann, die jedoch - auch angesichts der noch folgenden Ergebnisse der biologischen QK - plausibel erscheint.

Tab. 11: Berechnete Konzentrationen an NH₃ und NH₃-N bei ARGE-Messstation, PS 2 und PS 3

Datum	ARGE-Messstation		PS 2		PS 3	
	NH ₃ -N [mg/l]	NH ₃ [mg/l]	NH ₃ -N [mg/l]	NH ₃ [mg/l]	NH ₃ -N [mg/l]	NH ₃ [mg/l]
25.06.19	0,006	0,007	0,006	0,007	0,002	0,003
30.07.19	0,005	0,007	0,004	0,005	0,003	0,003
28.08.19	0,004	0,004	0,003	0,004	0,001	0,001
24.09.19	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002
16.10.19	0,003	0,003	0,004	0,005	0,005	0,006
13.11.19	0,003	0,003	0,002	0,003	0,001	0,001
03.12.19	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002
15.01.20	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001
18.02.20	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003
17.03.20	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
Mittelwert (UZ)	0,003	0,004	0,003	0,004	0,002	0,002

Der stark fischtoxische Ammoniak (NH₃) liegt mit Ammonium (NH₄) in einem Dissoziationsgleichgewicht, welches vom pH-Wert und der Wassertemperatur abhängig ist. Dabei gilt: Mit steigendem

pH-Wert und steigenden Wassertemperaturen verschiebt sich das Gleichgewicht zunehmend auf Seite des Ammoniaks. Die Berechnungsergebnisse von NH_3 und $\text{NH}_3\text{-N}$ für die ARGE-Messstelle sowie PS 2 und PS 3 sind in Tab. 11 dargestellt. Grundlage bildeten die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Werte aus dem Szenario „ARGE-Messstation“ (Auswahl des pessimalen Szenarios).

Die OGewV (2016) gibt für $\text{NH}_3\text{-N}$ einen Orientierungswert von 0,002 mg/l im Jahresdurchschnitt an. Dieser Wert wurde an der ARGE-Messstelle und bei PS 2 an etlichen Einzelmessungen und folglich auch im Jahresdurchschnitt überschritten. Bei PS 3 überschritten lediglich zwei Werte den Anforderungsbereich (Juli, Oktober). Im Jahresmittel lag die Konzentration von $\text{NH}_3\text{-N}$ bei PS 3 - bedingt durch die niedrigeren pH-Werte - gerade noch im Orientierungswertbereich und damit unter jenen der ARGE-Messstation und PS 2.

Nitrit-Stickstoff ($\text{NO}_2\text{-N}$)

Nitrit ist bereits in geringer Dosis stark fischtoxisch und sollte daher nur in sehr niedrigen Mengen im Gewässer vorhanden sein. Die OGewV (2016) nennt einen Orientierungswert von $\leq 0,05$ mg/l $\text{NO}_2\text{-N}$ zur Erreichung des guten ökologischen Zustands. Mit Ausnahme der Messung vom 30.07.2019 lagen alle Werte bei PS 1 und PS 2 und folglich auch die Jahresmittelwerte deutlich unter dem Orientierungswert nach OGewV (2016) und erfüllten somit die Anforderungen an den „guten ökologischen Zustand“. Am 30.07.2019 wurde an beiden PS ein Wert von 0,064 mg/l gemessen. Dieser als kritisch einzustufende Wert lag folglich bereits oberhalb der Einleitstelle von KW 2 vor, welche dementsprechend nicht ursächlich für diesen erhöhten Wert sein konnte. Ein anderes Bild zeichneten die erhobenen Daten von KW 1 ab: An 5 von 10 Messungen lagen die $\text{NO}_2\text{-N}$ -Werte bei PS 3, unterhalb der EL von KW 1, über dem Orientierungswert. Ferner wurde dieser bis zum Neunfachen überschritten. Im Jahresmittel bedeutete dies eine Verfehlung der Anforderung an den „guten ökologischen Zustand“ gemäß OGewV (2016), wobei die ermittelte Konzentration an $\text{NO}_2\text{-N}$ mit 0,107 mg/l doppelt so hoch wie der Orientierungswert lag.

Nitrat-Stickstoff ($\text{NO}_3\text{-N}$)

In der aktuellen OGewV (2016) sind keine Orientierungswerte zum Nitrat-Stickstoff ($\text{NO}_3\text{-N}$) angegeben. Werden die Vorgaben der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) herangezogen, veröffentlicht in BMU (2006), so indizierten die Messergebnisse bereits oberhalb der EL der beiden KW eine „deutliche Belastung“ (Gewässergüteklasse II-III) hinsichtlich dieses Nährstoffs. Im Jahresmittel erfolgte sowohl für PS 1 als auch für PS 2 die Einstufung „deutlich belastet“, wobei der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Wert bei PS 2 auf Grund höherer Einzelwerte mäßig höher lag als oberhalb der Einleitung durch KW 2. Ein weiterer, teils deutlicher Konzentrationsanstieg konnte im Rahmen der einzelnen Messungen unterhalb der EL von KW 1 ermittelt werden. Dabei lagen 4 der 10 Messwerte im Bereich einer „erhöhten Belastung“ (Gewässergüteklasse III). Der Jahresmittelwert lag mit 4,97 mg/l bei PS 3 noch einmal merklich höher als bei PS 2 (3,19 mg/l) und lag damit unmittelbar an der Grenze zwischen den Gewässergüteklassen II-III und III. Während in der OGewV kein Orientierungswert zu $\text{NO}_3\text{-N}$ vorliegt, ist zumindest für Nitrat die Umweltqualitätsnorm im Jahresdurchschnitt (JD-UQN) angegeben und beträgt 50 mg/l. Rechnet man diesen Wert in $\text{NO}_3\text{-N}$ um, so ergibt sich ein Wert von 11,3 mg/l. Dieser Wert wurde an sämtlichen Einzelmessungen sowie im Jahresmittel an allen Probestellen unterschritten.

Gesamtphosphor (TP)

Zur Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ gibt die OGewV (2016) einen Orientierungswert von 0,10 mg/l für Gesamtphosphor (TP) vor. Gemäß den Jahresmittelwerten an TP konnten bei PS 1 und PS 2 die Anforderungen der OGewV (2016) eingehalten werden, wenn auch bei PS 2 ein etwas höherer TP-Jahresmittelwert zu verzeichnen war, der mit einem Wert von 0,094 mg/l nahe im Grenzbereich des Orientierungswertes lag. Mit Einleitung von KW 1 erhöhten sich die Konzentrationen in der Pegnitz bei PS 3 deutlich und überschritten stets die Orientierungsvorgabe, sowohl hinsichtlich der Einzelmessungen (Maximalwert: 0,220 mg/l) als auch im Jahresmittel (0,167 mg/l).

ortho-Phosphat-Phosphor (o-PO₄-P)

Für o-PO₄-P gibt die OGewV (2016) einen Orientierungswert von 0,07 mg/l zur Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ vor. Die ortho-P-Einzelmessungen bei PS 1 und PS 2 hielten diesen Bereich mit Ausnahme der Messung vom 30.07.2019 weitgehend ein. An besagtem Messtermin war bereits oberhalb der Einleitstelle von KW 2 ein erhöhter o-PO₄-P-Wert messbar, der infolge der Einleitwässer noch etwas anstieg. Im Jahresmittel ergaben sich mit 0,047 mg/l (PS 1) und 0,049 mg/l (PS 2) ähnlich gute Werte an beiden Probestellen. Infolge der EL durch KW 1 nahmen die o-PO₄-P-Konzentrationen, vergleichbar zu TP, an PS 3 deutlich zu, so dass an 7 von 10 Messterminen der Orientierungswert überschritten wurde (Maximalwert: 0,180). Als Folge daraus überschritt an PS 3 der Jahresmittelwert mit 0,094 mg/l die Orientierungsvorgabe deutlich.

Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC) und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)

Alle Messwerte des Parameters TOC lagen oberhalb der EL von KW 1 deutlich unter dem Orientierungswert nach OGewV (2016) von 7 mg/l. Unterhalb von KW 1 wurden generell höhere TOC-Konzentrationen gemessen, wobei der Orientierungswert ein einziges Mal im Rahmen der Messung im Januar 2020 überschritten wurde. An allen drei Probestellen erfüllten die Jahresmittelwerte von 2,3 mg/l (PS 1), 2,7 mg/l (PS 2) und 4,6 mg/l (PS 3) die Anforderungen an den „guten ökologischen Zustand“.

Für den gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) gibt die OGewV (2016) keinen Orientierungswert vor. Für die Bewertung wird daher die Güteklassifikation der LAWA herangezogen (LAWA 1998 zitiert in Schneider et al. 2003). Alle Messwerte von PS 1 und PS 2 lagen in einem „unbelasteten“ bis „mäßig belasteten“ Bereich (Gewässergüteklasse I, I-II, II). Bei PS 3 lagen die Messwerte generell höher und indizierten überwiegend (an sieben Messterminen) eine „mäßige Belastung“ (Gewässergüteklasse II) sowie an drei Messterminen eine „deutliche Belastung“. Im Jahresmittel ist PS 3 Gewässergüteklasse II, PS 1 und PS 2 Gewässergüteklasse I-II zuzuordnen.

Da der DOC eine Teilmenge des TOC darstellt und somit die Werte immer geringer ausfallen müssten als jene für TOC, erscheinen die Ergebnisse für die Monate Juni, August, September und Oktober (alle 2019) fragwürdig, da die meisten DOC-Werte höher ausfielen als die korrespondierenden TOC-Werte. Trotz intensiver Recherchen blieben die Ursachen unklar. Möglicherweise handelte es sich um eine Verwechslung der Proben im analysierenden Labor. Auch im Falle einer Verwechslung würden sich jedoch die Bewertungen der beiden Parameter nicht wesentlich ändern: Der DOC würde bei PS 3 vermutlich etwas besser bewertet werden, im Jahresmittel wohl aber weiterhin bei Gewässergüteklasse II verbleiben.

Biochemischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen (BSB₅)

Nach OGeWV (2016) kann für den biochemischen Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen (BSB₅) der „gute ökologische Zustand“ bei Einhaltung von BSB₅ < 3 mg/l attestiert werden. Dieser Wert wurde stets an allen drei Probestellen eingehalten, was zu Jahresmittelwerte von 0,6 mg/l (PS 1), 0,5 mg/l (PS 2) und 0,8 mg/l (PS 3) führte.

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)

Die OGeWV (2016) gibt für den CSB keine Orientierungswerte zur Einstufung des ökologischen Zustands an. Die Bewertung des CSB-Werts erfolgte daher nach der Untersuchung zur Einstufung der Saprobienstufen von der Universität Erlangen (Baier 2013). Mit Ausnahme eines massiv erhöhten Wertes von 55 mg/l (17.01.2020) oberhalb der KW 2-EL (PS 1) und mäßig erhöhten Werten im Februar 2020 von 17 mg/l (PS 1) bzw. 19 mg/l (PS 2 und PS 3) sowie im Juni und Juli 2019 an PS 3 (17 mg/l bzw. 16 mg/l) lagen alle weiteren Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze des Analyselabors und somit höchstens im Bereich einer „mäßigen Belastung“ nach Baier (2013). Auf Grund des stark erhöhten Einzelwertes im Januar 2020 lag der Jahresmittelwert an PS 1 „deutliche Belastung“ (Gewässergüteklasse II-III) etwas höher als an PS 2 und PS 3 „mäßige Belastung“ (Gewässergüteklasse II), wobei die mittlere CSB-Konzentration bei PS 3 nur sehr geringfügig höher lag als bei PS 2.

Chlorid

Nach der OGeWV (2016) bewertet, spiegelten die Messwerte aller Beprobungsdurchgänge an den Probestellen PS 1 und PS 2 den „sehr guten ökologischen“ Zustand hinsichtlich des Parameters Chlorid wider. Infolge der KW 2-EL stieg der Chloridgehalt im Durchschnitt um etwa 5 mg/l in der Pegnitz an, was einen Jahresmittelwert an PS 2 von 39,9 mg/l im Vergleich zu 34,8 mg/l (PS 1) zur Folge hatte. Unterhalb der EL von KW 1, bei PS 3, war im Rahmen aller Messdurchgänge ein moderater bis deutlicher Anstieg der Chloridkonzentrationen in der Pegnitz zu verzeichnen. Der Jahresmittelwert bei PS 3 betrug 59,3 mg/l und lag gemäß OGeWV (2016) im Bereich des „guten ökologischen Zustands“)

Die Studie von ube & chromgruen (2014) deutet darauf hin, dass der in der OGeWV (2016) verankerte Orientierungswert deutlich zu hoch ausfällt. Für Fließgewässertyp 9.2 geben die Autoren einen Orientierungswert von 45 mg/l zur Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ an, abgeleitet aus den WRRL-Monitoring-Daten der Bundesländer. Dieser Wert liegt deutlich unter den Empfehlungen der OGeWV (2016) von 200 mg/l. Unter Anwendung des strengeren Wertes von 45 mg/l wären alle Einzelwerte und letztendlich auch die Jahresmittelwerte von PS 1 und PS 2 im guten Orientierungswertbereich angesiedelt. Infolge der KW 1-EL lagen der Großteil der Einzelwerte und der Jahresmittelwert bei PS 3 über diesem Orientierungswert.

Sulfat

Die Sulfat-Werte fielen allesamt unauffällig aus: Unterhalb der Einleitung von KW 2 stiegen die Werte nur geringfügig, um maximal 3 mg/l an. Im Jahresmittel bedeutete dies einen Anstieg von lediglich 1 mg/l zur oberhalb liegenden PS 1. Unterhalb der EL von KW 1 bei PS 3 konnten etwas höhere Sulfat-Konzentrationen gemessen werden, was im Jahresmittel (37,6 mg/l) einen Konzentrationsunterschied von 10 mg/l im Vergleich zu PS 2 (27,6 mg/l) ausmachte. Alle Sulfat-Werte at-

testierten dem Gewässer an den drei Probestellen einen „guten“ bis „sehr guten“ ökologischen Zustand gemäß OGewV (2016).

Natrium, Magnesium und Calcium

Die OGewV (2016) gibt keine Orientierungswerte für den Natrium-, Magnesium- und Calciumgehalt von Oberflächengewässern an. In der Studie „Typspezifische Ableitung von Orientierungswerten für den Parameter Sulfat“ (ube & chromgruen 2017) leiteten die Autoren anhand der WRRL-Monitoring-Daten der Bundesländer statistisch Orientierungswerte von 55 mg/l (Natrium), 30,5 mg/l (Magnesium) und 135 mg/l für Magnesium zur Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ für Fließgewässertyp 9.2 ab. Unterhalb der EL von KW 1 und KW 2 wurden stets alle Orientierungswerte eingehalten. Auf die Calcium- und Magnesiumkonzentrationen konnten keinerlei Effekte bei PS 2 und PS 3 infolge der KW-Einleitungen festgestellt werden. Ein einzelner geringfügig erhöhter Magnesiumwert konnte am 24.09.20 bei PS 1 festgestellt werden. Für Natrium ergaben sich lediglich geringfügige Konzentrationserhöhungen unterhalb von KW 2, die im Jahresmittel (23,7 mg/l) einen Anstieg von ca. 4 mg/l im Vergleich zu PS 1 bedeuteten. Deutlichere Konzentrationszunahmen wurden unterhalb der EL von KW 1 gemessen, die zu einem Jahresmittelwert von 39,4 mg/l führten.

Schwermetalle

Alle Eisen-Messwerte bei PS 1, PS 2 und PS 3 (hier mit Ausnahme eines Wertes vom Februar 2020) lagen unter dem von der OGewV (2016) vorgegebenen Orientierungswert von 0,7 mg/l. Im Jahresmittel ergaben sich nahezu identische Eisen-Werte an PS 1 (0,33 mg/l), PS 2 (0,31 mg/l) und PS 3 (0,32 mg/l). Ein Negativeinfluss der KW-Einleitungen lag folglich nicht vor.

Für die Schwermetalle, Chrom, Kupfer, Zink, Cadmium, Blei^{bioverfügbar}, Nickel^{bioverfügbar} und Quecksilber gibt die OGewV (2016) Umweltqualitätsnormen (UQN) an, die sowohl im Jahresdurchschnitt (JD), als auch was die zulässige Höchstkonzentration (ZHK) im Rahmen einer Einzelmessung anbelangt, nicht überschritten werden dürfen. Bei Cadmium wurden gemäß des Kalziumkarbonatwerts (CaCO₃) JD und ZHK der Wasserhärteklasse 4 herangezogen. Die Messwerte aller Parameter lagen im jeweiligen UQN-Bereich und überschritten weder die JD- noch die ZHK-Vorgaben für den „guten ökologischen Zustand“. Die Einleitungen von KW 1 und KW 2 führten ferner für keinen der gemessenen Parameter zu Konzentrationserhöhungen in der Pegnitz im Jahresdurchschnitt. Lediglich vier Einzelmesswerte (2x Nickel, 1x Kupfer, 1x Zink) lagen bei PS 2 höher als bei PS 1, jedoch lediglich in geringfügigem Ausmaß. Konzentrationserhöhungen im Rahmen der einzelnen Erhebungen waren unterhalb der EL von KW 1 ebenso entweder als geringfügig zu beurteilen oder lagen bei merklichen Anstiegen im Vergleich zu PS 2, zumindest unter der jeweils bei PS 1 gemessenen Ausgangsbelastung (z. B. Kupfer, Zink im Oktober 2019).

AOX

Für den Summenparameter AOX (Adsorbierbare organisch gebundene Halogene) gibt die aktuelle OGewV (2016) keine Orientierungswerte vor. Gemäß der Bewertungsskala nach LAWA (1998) indizierten die Werte der ersten vier Messungen (Juni bis September) überwiegend eine „geringe“ Belastung (Güteklasse I-II). Einzig an PS 3 wurde im Juli 2019 ein erhöhter AOX-Wert (Güteklasse II) gemessen. Im Oktober lag der Messwert bei PS 2 und, nahezu unverändert, bei PS 3 um den

Faktor 10 höher als bei PS 1 und war nach LAWA (1998) einer „mäßigen“ Zustandsklasse (Güteklasse II) zuzuordnen. Im Dezember und Januar musste seitens des Analysebüros auf Grund von Matrixstörungen die Bestimmungsgrenze auf 0,05 mg/l angehoben werden, was eine konkrete Aussage verhindert. Die Werte dieser beiden Monate floss deshalb auch nicht in die Berechnung der Jahresmittelwerte ein. Im weiteren Verlauf ergaben sich an allen drei Probestellen Werte, die im „mäßigen“ Zustandsbereich lagen und zwischen ober- und unterhalb kaum Unterschiede aufwiesen. Im Jahresmittel ergaben sich für die PS mit 0,011 mg/l (PS 1) bzw. 0,010 mg/l (PS 2 und PS 3) annähernd vergleichbare Werte, die im Grenzbereich zwischen einer „geringen“ bzw. „mäßigen Belastung“ gemäß LAWA (1998) lagen.

6.3 Diskussion der Erhebungen der allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter

6.3.1 Physikalisch-chemische Standardparameter und Ionen

Sauerstoff

Der Sauerstoffgehalt wird maßgeblich von Faktoren wie der Wassertemperatur, mikrobiellen Umsetzungsprozessen und der Photosynthesetätigkeit bzw. Atmung von Wasserpflanzen beeinflusst. Jahreszeitlich bedingt lagen in der kühleren Jahreszeit (Monate November bis März) in der Regel höhere Sauerstoffkonzentrationen vor als bei den Messungen von Juni bis Oktober. Hohe Sauerstoffsättigungen (Übersättigung) deuten auf dichte Makrophyten- und Algenbestände mit hoher Photosyntheseaktivität hin. Erhöhte Sättigungswerte traten im Untersuchungszeitraum lediglich im Juni 2019 oberhalb der Einleitung von KW 1, bei PS 1 und PS 2, auf. Der untere Grenzwert für Salmoniden, die trotz der Einstufung des Flussabschnitts als cyprinidengeprägt hier immer noch vorkommen (s. Kapitel 9), von 7 mg/l (Sauerstoffgehalt) bzw. eine Sauerstoffsättigung von > 65 % wurden stets an allen drei Probestellen deutlich eingehalten, so dass im Jahresmittel die Vorgaben nach der OGewV erfüllt wurden. Auffällige Sauerstoffabnahmen infolge der Einleitwässer durch KW 1 konnten nicht festgestellt werden, dennoch lagen die Konzentrationen bei PS 3 im Schnitt um ca. 1,5 mg/l unter jenen bei PS 1 und PS 2 gemessenen Sauerstoffkonzentrationen. Auch die Sauerstoffsättigungswerte, die durchschnittlich um ca. 12 % unter jenen bei PS 1 und PS 2 lagen, spiegeln vor allem die relativ sauerstoffarmen Einleitwässer von KW 1 (siehe Monatsberichte der Eigenüberwachung, Anhang II) wider, können aber zusätzlich auch auf sauerstoffzehrende Prozesse, beispielsweise durch mikrobiellen Umsatz von organischen Substanzen, hinweisen.

Gerade in Gewässerabschnitten mit sehr dichten Makrophytenbeständen und/oder Algenmatten kann es infolge von Zellatmung bei Nacht zu einem höheren O₂-Entzug des Flusswassers kommen. Nächtliche Probennahmen bzw. 24h-Aufnahmen wurden im Rahmen dieses Gutachtens nicht durchgeführt. Es sei angemerkt, dass im Untersuchungsbereich keine massiven Makrophytenverkrautungen beobachtet werden konnten. Der Deckungsgrad lag bei 10 % (PS 1), 20 % (PS 2) und 5 % (PS 3). Darum ist höchstwahrscheinlich nicht davon auszugehen, dass infolge nächtlicher Zellatmung Sauerstoffdefizite vor Ort auftreten.

pH-Wert

Die pH-Werte lagen mit Ausnahme der Messung vom 25.06.2019 (PS 1 und PS 2) innerhalb der Anforderungen der OGewV (2016). Die im Juni 2019 gemessenen hohen pH-Werte über 8,5 wurden vermutlich durch eine Zunahme der Photosyntheseleistung durch Makrophyten- und Algenbestände auf Grund hoher Sonneneinstrahlung und hoher Temperaturen hervorgerufen. Der pH-Wert eines natürlichen Gewässers ändert sich üblicherweise im Tagesgang in Abhängigkeit von der vorherrschenden Photosyntheseaktivität: Makrophyten, aufwachsende Algen und Phytoplankton fixieren tagsüber - je nach Sonneneinstrahlung mehr oder weniger intensiv - Kohlendioxid (CO₂). Dieses wird dem Wasser entzogen, wodurch sich wiederum das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht im Wasser verschiebt. Letztendlich bedeutet ein CO₂-Entzug einen Anstieg des pH-Wertes. Der umgekehrte Prozess läuft nachts ab, wenn die Pflanzen ihre Energiereserven veratmen und CO₂ freisetzen. Das ins Wasser abgegebene CO₂ sorgt für eine Ansäuerung und damit für einen Abfall des pH-Wertes (Schönborn & Risse-Buhl 2013, Uhlmann & Horn 2001). Generell sollten pH-Werte über 8,5 im Auge behalten werden, da hierbei in zunehmendem Maße Ammonium-Ionen in fischgiftigen Ammoniak übergehen, zumal im Untersuchungsgebiet im Untersuchungszeitraum mitunter deutlich erhöhte Ammonium-N-Konzentrationen vorlagen (s. u.). Am 25.06.19 lagen die Ammonium-N-Konzentrationen jedoch im Anforderungsbereich der OGewV (2016), so dass trotz der erhöhten pH-Werte an diesem Tag keine größere Gefahr der Ammoniakbildung bestand. Bei PS 3, unterhalb der EL von KW 1, bestätigten sich solche hohe pH-Werte ohnehin nicht: Einleitwässer von KW 1 bedingten hier generell etwas niedrigere pH-Werte als bei PS 1 und PS 2, was das Dissoziationsgleichgewicht zwischen Ammonium und Ammoniak eher auf die Seite des Ammoniums verschiebt und damit die Gefahr der Ammoniakbildung abmildert.

Wassertemperatur

Der Temperaturhaushalt (Maximalwärme) der Pegnitz wurde im gesamten Untersuchungszeitraum durch die Einleitwässer nicht nachhaltig negativ, im Sinne einer Verletzung der Orientierungsvorgaben nach der OGewV (2016), beeinflusst. Obwohl die Einleitwässer von KW 1 ganzjährig zu einer moderaten Erhöhung der Wassertemperatur in der Pegnitz führten, lagen die Wassertemperaturen nahezu durchgehend im Bereich des „sehr guten ökologischen Zustands“ und lediglich im Juni 2019 im Bereich des „guten ökologischen Zustands“ (PS 1, PS 2 und PS 3). Die Wassertemperaturen erfüllten die Ansprüche der Cyprinidengemeinschaft und lagen auch im Anforderungsbereich von Salmoniden (Temperaturen < 21,5 °C; OGewV 2016) trotz relativ geringer Abflussmengen im Bereich von MNQ. Auch die delta-T-Vorgabe der OGewV (maximale Temperaturerhöhung von 2,0 °C ober- und unterhalb einer Einleitungsstelle für Abwärme) wurde im Jahresmittel bei PS 3 im Vergleich zu PS 2 eingehalten. Anhand der erhobenen Daten zeigte sich allerdings auch, dass an einzelnen Messtagen die Temperaturdifferenz zwischen PS 1 und PS 3 infolge der Summationswirkung von KW 1 und KW 2 mehr als 2 °C betrug bzw. diesem Grenzbereich sehr nahe kam. Der Einsatz einer Wärmepumpe an KW 1 würde niedrigere Temperaturen der Einleitwässer bedingen, was im Sinne der delta-T-Regelung durchaus zu begrüßen wäre.

Elektrische Leitfähigkeit und Ionen

Die elektrische Leitfähigkeit lag an allen drei Probestellen stets im Leitwertbereich (300 – 800 µS/cm) nach Pottgiesser (2018). Der Einfluss der Einleitwässer von KW 1 kann mit einer durchschnittlichen Erhöhung um 76 µS/cm bei PS 3 im Vergleich zu PS 2 als moderat eingestuft werden. Die Anhebung der Leitfähigkeit in der Pegnitz war insbesondere durch Chlorid- und Natrium-

onen in den Einleitwässern von KW 1 bedingt. Für beide Parameter konnten deutliche Konzentrationsanstiege bei PS 3 identifiziert werden, während die Magnesium, Calcium- und Sulfatkonzentrationen an allen drei Probestellen weitestgehend auf gleichem Niveau lagen. Hinsichtlich der Chloridkonzentrationen wurden PS 1 und PS 2 der „sehr gute ökologische Zustand“ gemäß OGewV (2016) und Übereinstimmung mit dem deutlich strengeren Orientierungswertvorschlag von 45 mg/l für Fließgewässertyp 9.2 von ube & chromgruen (2014) attestiert. Bei PS 3 lagen die Chloridwerte, bedingt durch KW 1, im Bereich des „guten ökologischen Zustands“ gemäß OGewV (2016), verfehlten im Jahresmittel jedoch die Anforderungen von ube & chromgruen (2014), allerdings nicht in beträchtlichem Maße. Negativeinflüsse auf die Biozönose sind daher dennoch nicht gänzlich auszuschließen.

6.3.2 Nährstoffe, Abwasserparameter und Schwermetalle

Ammonium-N, Ammoniak-N, Nitrat-N und Nitrit-N

Im Zuge einer Plausibilisierungsprüfung stellte sich heraus, dass die Ammonium-N-Konzentrationen der von ÖKON erhobenen und vom akkreditierten Labor der WESSLING GmbH analysierten Wasserproben systematisch überschätzt wurden, jedoch in sich im Großen und Ganzen stimmig wirkten. Eine Anfrage beim analysierenden Labor ergab keine plausiblen Gründe hierfür, so dass die Ursache der Überschätzung unbekannt bleibt.

Aus diesem Grunde wurden Daten der ARGE-Messstation, dessen automatischer Probenehmer nur wenige Meter oberhalb von PS 1 liegt, und Daten aus dem WRRL-Monitoring des WWA Nürnberg von der Messstelle Lederersteg herangezogen, um hieraus unter Verwendung von Berechnungsfaktoren die Konzentrationsverhältnisse bei PS 2 und PS 3 abzuschätzen.

Aus den Mess- und Schätzwerten ließ sich ableiten, dass im Jahresmittel sowohl ober- als auch unterhalb der Einleitung von KW 2 die Ammonium-N-Konzentrationen im Orientierungsbereich von 0,1 mg/l für Gewässertyp 9.2 (OGewV 2016) lagen. Der Einfluss der Einleitwässer von KW 2 fiel im Jahresdurchschnitt moderat aus, führte aber dennoch dazu, dass die Ammonium-N-Werte bei PS 2 direkt an der Grenze zum ungünstigen Zustand lagen. Auffällig war, dass Einzelwerte bisweilen bereits oberhalb der KW-Einleitung zu hoch waren, was auf eine gewisse Vorbelastung der Pegnitz hindeutet. Mit Einleitung von KW 1 nahmen die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen in der Pegnitz derart zu, dass die Orientierungsvorgabe im Jahresmittel bei PS 3 überschritten wurde. Mitunter waren stark erhöhte Einzelwerte messbar.

Berücksichtigt werden sollte, dass auf Grund des deutschlandweit sehr milde verlaufenden Winters keine Probenahmen bei deutlichen Minusgraden stattfinden konnten. Unter diesen geringen Temperaturen werden mikrobielle Prozesse, u.a. Nitrifikationsvorgänge, stark gehemmt, so dass unter Umständen bei derartigen Außentemperaturen mit höheren Ammonium-N-Einleitkonzentrationen von Kläranlagen zu rechnen ist. Ob dies auch für KW 1 zutreffen würde, kann anhand der zur Verfügung stehenden Datenlage jedoch nicht beurteilt werden.

Neben der schädigenden Wirkung von Ammonium-N per se, steigt mit höheren Temperaturen und pH-Werten der Anteil an fischtoxischem Ammoniak (Bohl 1999), welcher in einem Dissoziationsgleichgewicht mit Ammonium liegt. Die schädigende Wirkung von Ammoniak in Oberflächengewässern hängt dabei von der Konzentration, der Einwirkdauer und der Belastungshäufigkeit ab

(LUBW 2015). Gemäß LUBW (2015) soll bei einer Dauerbelastung die Ammonium-N-Konzentration einen Wert von 0,004 mg/l nicht überschreiten. In der OGewV (2016) wird ein deutlich strengerer Wert von 0,002 mg/l für Gewässertyp 9.2 zur Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ angegeben. Anhand der aus den Messergebnissen errechneten mittleren Ammoniak-N-Konzentration von 0,002 mg/l unterhalb der Einleitung von KW 1 ist derzeit von einer „akzeptablen Belastung“ der Gewässerorganismen insbesondere der Fische auszugehen. Obwohl infolge der KW-EL mitunter Konzentrationsanstiege von Ammonium-N verbunden waren, spiegelten sich diese im Jahresmittelwert bzw. in den Einzelwerten von Ammoniak-N - auch im Vergleich zu PS 1 und PS 2 - nicht wider. Grund hierfür sind etwas niedrigere pH-Werte bei PS 3 (vermutlich infolge der eingeleiteten Kläranlagenwässer), die das Dissoziationsgleichgewicht positiv zugunsten von Ammonium-N beeinflussen. Dieses Phänomen kann bereits im Vergleich zwischen PS 1 und PS 2 beobachtet werden, verstärkte sich aber noch bei PS 3. Hinsichtlich des Parameters Ammoniak-N konnte somit kein Negativeffekt infolge der EL von KW 1 nachgewiesen werden. Die Hintergrundbelastung der Pegnitz ist kritisch zu sehen.

Laut Peters et al. (1984), Pitter (1999) und Lloyd (1992) können bereits Ammoniak-N-Werte ab 0,001 mg/l bei juvenilen Salmoniden dauerhafte Beeinträchtigungen und Folgeschäden bei Langzeiteinwirkung verursachen. In der Arbeit von Hübner (2003) zeigte sich u.a. eine signifikant negative Korrelation zwischen der Anzahl der aufschwimmenden Äschen und der Ammonium- und Ammoniak-Konzentration.

Unter anderem als Folge der erhöhten Ammonium-N-Werte ergaben sich auch für Nitrat-N für weite Teile des Untersuchungszeitraums sowohl ober- als auch unterhalb der KW-Einleitung erhöhte Werte („deutliche Belastung“). Oxidationsvorgänge führen zur Umwandlung von Ammonium zu Nitrat (Nitrifikation). Der Belastungsanstieg durch die Einleitung der Kläranlagenwässer ist sowohl hinsichtlich der Einzelwerte als auch im Jahresmittel deutlich. Dieser führte zwar unterhalb KW 1 (PS 3) zu keiner Verschlechterung in der Bewertungsstufe nach LAWA (1998) im Vergleich zu den beiden oberhalb liegenden PS, lag nun aber unmittelbar im Grenzbereich zu Gewässergüteklasse III („erhöhte Belastung“). Für den Fall, dass die Umweltqualitätsnorm für Nitrat gemäß OGewV (2016) in Nitrat-N umgerechnet wird, ergibt sich eine deutliche Unterschreitung dieses Werts sowohl anhand der Einzelmessungen als auch im Jahresmittel.

Nitrit ist im kommunalen Abwasser meist nur als Zwischenprodukt der Nitrifikation von organischen Stickstoffverbindungen zu finden. Bei Störungen der Nitrifikation können jedoch erhöhte Werte auftreten. Im Rahmen der Messungen ergaben sich bei PS 1 und PS 2 hinsichtlich der Einleitung von KW 2 keine Auffälligkeiten. Im Jahresmittel lagen die Nitrit-N-Werte dort auf gleichem Niveau und entsprachen den Anforderungen der OGewV (2016). Erhöhte Messwerte eines einzelnen Probenahmetermins waren nicht auf die Kläranlagenwässer zurückzuführen, sondern hatten ihre Ursache bereits oberhalb der Einleitstelle. Im Zuge der Einleitung der gereinigten Abwässer von KW 1 erhöhten sich die Konzentrationen des als stark fischtoxisch wirkenden Nitrit-N in kritischem Maße, so dass im Jahresmittel der von der OGewV (2016) vorgegebene Orientierungswert um das Doppelte, an einzelnen Messterminen sogar um das Neunfache überschritten wurde. Vor dem Hintergrund, dass sich die Fischfauna im OWK 2_F037 lediglich in einem mäßigen ökologischen Zustand befindet (Datenstand: Dezember 2015), ist dieser Parameter von besonderer Relevanz. Gegenmaßnahmen sind indiziert.

Gesamtphosphor, ortho-Phosphat-Phosphor, Eisen

Phosphor ist in limnischen Systemen in der Regel begrenzender Faktor für pflanzliches Wachstum. Erhöhte Phosphorwerte können dementsprechend bis hin zu massiven Verkräutungen durch Wasserpflanzen und dichten Algent Teppichen führen. Der Gesamtphosphorgehalt, der sowohl gebundenen als auch freien und pflanzenverfügbaren Phosphor (ortho-Phosphat-P) widerspiegelt, lag bereits bei PS 2, unterhalb der EL von KW 2, etwas höher als oberhalb, im Jahresmittel aber noch knapp unter dem Orientierungswert nach OGewV (2016). Die ortho-Phosphat-P-Werte fielen ober- und unterhalb von KW 2 im Jahresmittel nahezu identisch aus und indizierten einen „guten Zustand“. Mit Einleitung der aufgereinigten Wässer aus KW 1 stiegen die Gesamtphosphorkonzentrationen bei PS 3 stark an und lagen an allen Einzelmessungen des Untersuchungszeitraums und folglich auch im Jahresmittel deutlich über dem Orientierungswert. Analog zu Gesamtphosphor, nahmen auch die ortho-Phosphat-P-Konzentration unterhalb KW 1 deutlich zu (um das doppelte im Vergleich zu PS 2) und überschritten im Mittel die Orientierungswertvorgabe der OGewV (2016), die weiter oberhalb, bei PS 1 und PS 2, noch eingehalten wurde. Angesichts des lediglich mäßigen Zustands der QK Makrophyten und Phytobenthos für OWK 2_F037 wäre eine Reduktion des Phosphoreintrags über KW 1 anzuraten. Unklar ist derzeit, wieso die QK auch oberhalb der EL durch KW 1 trotz akzeptabler Phosphorwerte den „guten ökologischen Zustand“ nicht erreicht.

Erhöhte Eisenkonzentrationen nach OGewV (2016) konnten im gesamten Untersuchungsgebiet trotz der Phosphorfällungsmaßnahmen mit Eisen(III)-chloridsulfat lediglich an einem der Messtermine (Februar 2020) festgestellt werden, wobei sich dies im Jahresmittelwert nicht bemerkbar machte: Dieser wies zwischen PS 1, PS 2 und PS 3 kaum Unterschiede auf.

CSB, BSB₅, TOC und DOC

Die Konzentrationen der Abwasserparameter, CSB, BSB₅, TOC und DOC waren unterhalb der EL von KW 2 allesamt als unauffällig einzustufen. Konzentrationserhöhungen nach EL der Kläranlagenwässer durch KW 2 lagen im Jahresmittel nur für TOC und DOC vor und fielen geringfügig aus. Auch infolge der Einleitungen von KW 1 konnten keine gravierenden Konzentrationszunahmen hinsichtlich dieser vier Parameter festgestellt werden. Einzig DOC rutschte im Jahresmittel um eine Kategorie von Güteklasse I-II (PS 1, PS 2) auf Güteklasse II (PS 3) ab, was gemäß LAWA-Maßstäben jedoch noch akzeptabel erscheint.

Auffällig war indes ein stark erhöhter CSB-Wert am 15.01.2020 bei PS 1, dessen Ursache jedoch nicht geklärt werden konnte und folglich zu einem Klassenabfall in der Jahresmittelbewertung bei PS 1 führte.

Schwermetalle

Die Konzentrationen der Schwermetalle Chrom, Kupfer, Zink, Cadmium und Quecksilber sowie die bioverfügbaren Konzentrationen an Blei und Nickel erwiesen sich sowohl ober- als auch unterhalb der Einleitungen von KW 1 und KW 2 als konform mit den Anforderungen der OGewV (2016) und überschritten weder die vorgegebenen Jahresdurchschnittswerte noch die zulässigen Höchstkonzentrationen für Einzelmessungen. Konzentrationszunahmen unterhalb KW 1 waren entweder als geringfügig zu beurteilen oder lagen zumindest unter der Ausgangsbelastung bei PS 1. Diskrepanzen zwischen PS 1, PS 2 und PS 3 (sprunghafte Zu- oder Abnahmen) sind dadurch erklärbar,

dass verschiedene Fließzeiten bestehen, bis dieselbe Welle von PS 1 zu PS 2 und schlussendlich zu PS 3 gelangt. Die Probenahme aus der selben Welle ist mit herkömmlichen Methoden praktisch nicht machbar. Unterschiedliche Wellen können deshalb durchaus unterschiedliche Konzentrationen aufweisen. Festzuhalten bleibt aber, dass keine der gemessenen Konzentrationen im Widerspruch zu den Anforderungen der OGewV (2016) stand. Ein Negativeinfluss durch KW 1 lag folglich im Rahmen der vorliegenden Messungen nicht vor.

AOX

Die Konzentrationen des Summenparameters AOX waren unterhalb der EL durch KW 1 im Jahresmittel nicht höher als oberhalb und hielten die Vorgaben gemäß LAWA (1998) ein. Insofern ist aktuell nicht von einer erhöhten Belastung durch adsorbierbare, organisch gebundene Halogene (Chlor, Brom, Iod, Fluor), wie sie z. B. bei Krankenhausabwässern auftreten können, auszugehen. Die Konzentrationen lagen nach LAWA im Jahresmittel an allen drei Probestellen im Grenzbereich zwischen einer „geringen“ und einer „mäßigen Belastung“.

6.4 Daten aus der Eigenüberwachung von KW 1

6.4.1 Nährstoffanalytik

Nach den Änderungsbescheiden der Stadt Nürnberg zur Planfeststellung für die bestehende Abwasserbehandlungsanlage Nürnberg, KW 1, sowie Erteilung einer gehobenen Erlaubnis zur Einleitung gereinigten Abwassers in die Pegnitz vom 25.08.2005 und 06.02.2018 sind die in Tab. 12 dargestellten Konzentrationen ausgewählter Parameter in einer nicht abgesetzten, homogenen zweistündigen Mischprobe des Ablaufs von KW 1 einzuhalten.

Tab. 12: Behördlich festgelegte Grenzwerte für ausgewählte Parameter am Ablauf von KW 1

Parameter	Konzentration (mg/l)
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	60
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB ₅)	15
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N) (vom 01. Mai bis 31. Oktober)	5
Stickstoff gesamt (N _{ges}): Summe von Ammonium-, Nitrit- und Nitrat-Stickstoff (vom 01. Mai bis 31. Oktober)	13 *
Phosphor gesamt (P _{ges})	1,0 **
Abfiltrierbare Stoffe (AFS) - nur bei Trockenwetter	8

* seit dem 01.09.2005 gültig

** ab 01.01.2020 gilt für P_{ges} als Überwachungswert 0,5 mg/l

Gemäß der zur Verfügung gestellten Eigenüberwachungsdaten (kontinuierliche Messungen, 24h-Mischproben), gemessen am Ablauf von KW 1 (Anhang II), können folgende Aussagen für das Jahr 2019 getroffen werden:

Für Gesamtphosphor erfolgten von Januar bis Dezember 2019 keine Grenzwertüberschreitungen (1,0 mg/l) bezüglich der Mittelwerte der mengenproportionalen 24h-Mischproben. An wenigen Ta-

gen der Monate August bis Dezember überschritten aber Maximalwerte, die im Laufe eines Tages gemessen wurden und im Bereich zwischen 1,03 mg/l und 1,79 mg/l lagen, diesen Grenzwert. Zieht man auch für das Jahr 2019 den erst ab 2020 gültigen strengeren Grenzwert von 0,5 mg/l für TP am Ablauf von KW 1 heran, so lägen die Mittelwerte an jeweils einigen Tagen pro Monat (maximal 11 Tage im März 2019) über dieser Grenze. Unterm Strich halten die Monatsmittelwerte die Grenze von 0,5 mg/l jedoch allesamt ein.

Für den Parameter $\text{NH}_4\text{-N}$ ergaben sich im Betrachtungszeitraum (2019) ebenfalls keine Grenzwertüberschreitungen (5 mg/l, gültig zwischen Mai und Dezember) bezüglich der Mittelwerte der 24h-Mischproben. Einige Einzelwerte im Laufe eines Tages (vor allem in der kalten Jahreszeit zwischen Oktober und Februar, aber auch im Juli) überschritten diesen Grenzwert und lagen maximal bei 12,3 mg/l (Dezember 2019).

Für den Gesamtstickstoff ($\text{N}_{\text{ges}} = \text{Ammonium-N} + \text{Nitrit-N} + \text{Nitrat-N}$) ergaben sich 2019 für die „kühlen“ Monate Januar, Februar, März, April, November und Dezember erhöhte Ablaufwerte an KW 1 zwischen 15,0 mg/l und 25,0 mg/l im Monatsmittel. Maximalwerte (Einzelmesswerte im Laufe eines Tages) betragen bis zu 34 mg/l. Da der Grenzwert von 13 mg/l lediglich von Mai bis Oktober Gültigkeit hat und in diesem Zeitraum keine Grenzwertüberschreitungen der Tagesmittelwerte (einige Einzelmesswerte lagen darüber) vorlagen, können zumindest die behördlichen Vorgaben als erfüllt betrachtet werden.

Hinsichtlich der wöchentlichen Erhebungen der Parameter CSB, BSB_5 und Abfiltrierbare Stoffe im Rahmen der Eigenüberwachung (24h-Mischproben) kann für 2019 Folgendes gesagt werden:

Der CSB-Grenzwert von 60 mg/l wurde mit Ausnahme eines Messtermins (61 mg/l am 24.01.2019) stets eingehalten und die Werte lagen zumeist deutlich darunter. Die BSB_5 -Werte lagen durchgehend im niedrigen einstelligen Bereich und damit unter dem Grenzwert von 15 mg/l. Auch die Konzentrationen der Abfiltrierbaren Stoffe hielten stets die behördliche Vorgabe (Grenzwert bei 8 mg/l) ein.

6.4.2 Schadstoffanalytik

Im Rahmen der Schadstoffanalytik, die uns für das Jahr 2018 vorlag, wurden insgesamt 52 Parameter an 4 Messtagen (14.02.2018, 08.05.2018, 22.08.2018, 14.11.2018) durch Stichprobenahme oder 2-stündiger Mischprobenahme (nur Schwermetalle) am Ablauf von KW 1 und KW 2 untersucht. Die Analysebefunde sind Anhang V zu entnehmen. Für eine Reihe der untersuchten Parameter (Tab. 13) gibt die OGeV Umweltqualitätsnormen im Jahresdurchschnitt (JD-UQN) an. Überschreitungen gemäß OGeV (2016) konnten am Ablauf von KW 1 nicht festgestellt werden, womit auch keine Überschreitungen in der Pegnitz zu erwarten sind insbesondere da die Ablaufwerte zumeist sehr deutlich unter der JD-UQN liegen. Für Benzo(a)pyren und Quecksilber waren keine Bewertungen möglich, da die Bestimmungsgrenze des Labors offenbar zu hoch lag.

Tab. 13: Parameter der Schadstoffanalytik mit Angaben zu JD-UQN gemäß OGewV (2016) und Bewertung

Parameter	JD-UQN [$\mu\text{g/l}$] (OGewV 2016)	Einhaltung JD-UQN am Ablauf KW 1
Phenanthren	0,5	ja
Anthracen	0,1	ja
Fluoranthren	0,0063	ja
Naphtalin	2,0	ja
Benzo(a)pyren	0,00017	nicht bewertbar da Bestimmungsgrenze bei $< 0,040 \mu\text{g/l}$ (PAK gesamt hoch am 22.08.2018 mit $0,11 \mu\text{g/l}$)
Metribuzin	0,2	ja
Hexazinon	0,07	ja
Simazin	1	ja
Monolinuron	0,2	ja
Chlortoluron	0,4	ja
Metazachlor	0,4	ja
Isoproturon	0,3	ja
Atrazin	0,6	ja
Diuron	0,2	ja
Linuron	0,1	ja
Terbutylazin	0,5	ja
Metolachlor	0,2	ja
Blei	1,2 (bioverfügbar)	ja
Cadmium	0,15 (Wasserhärteklasse 4)	ja
Chrom	Angaben gem. OGewV (2016) nur für Schwebstoff/ Sediment, damit keine Beurteilung möglich; Erhebungen (ohne Arsen) an der Pegnitz durch ÖKON (s. Kapitel 6.2.2)	
Kupfer		
Zink		
Arsen		
Nickel	4,0 (bioverfügbar)	Höchstwert $7,8 \mu\text{g/l}$, Einhaltung des JD-UQN (bioverfügbar) in der Pegnitz unproblematisch (s. Kapitel 6.2.2)
Quecksilber	0,07 (ZHK-UQN)	nicht bewertbar da Bestimmungsgrenze bei $0,1 \mu\text{g/l}$

PFT-Untersuchungen

Ferner lagen ÖKON vorläufige Ergebnisse der PFT-Untersuchungen (Polyfluorierte Tenside) aus 2008/2009 durch SUN vor (s. Anhang VI). PFTs weisen hohe chemische und thermische Stabilität auf, sind persistent und bioakkumulativ sowie mäßig (akut-) toxisch. In Tierversuchen konnte eine kanzerogene Wirkung gezeigt werden; außerdem ist von fortpflanzungsgefährdenden Wirkungen bei hohen Konzentrationen auszugehen (SUN 2009).

Gemäß OGewV (2016) sind für PFOS (Perfluoroktansulfonat) und seine Derivate eine JD-UQN von $0,00065 \mu\text{g/l}$ sowie eine zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN) von $3 \mu\text{g/l}$ im Gewässer zulässig. Aus den Zwischenergebnissen von 8 Messungen ergaben sich am Ablauf von KW 1 Werte bis $0,08 \mu\text{g/l}$ (bei KW 2 bis $0,15 \mu\text{g/l}$). Für Perfluoroktansäure (PFOA) lagen die Ablaufwerte bei bis zu $0,02 \mu\text{g/l}$ bei KW 1 (und KW 2).

Angesichts der Größenordnungen der Ablaufwerte ist davon auszugehen, dass der JD-UQN in der Pegnitz überschritten wird, was im Rahmen der Chemieanalytik des WRRL-Monitorings 2018 für die Messstelle Friedhofsteg auch bestätigt wird. Eine Reduktion der Ablaufwerte ist dringend anzuraten, hierbei sollte die Herkunft der PFTs im Zulauf der Klärwerke geklärt und Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

6.5 Arzneimitteluntersuchungen durch SUN

Gemäß SUN (2011) kann aus einer Vielzahl von Veröffentlichungen seit 1990 von einer ubiquitären Verbreitung von Arzneimittelwirkstoffen ausgegangen werden, so dass sich die Frage nach der Belastung der Fließgewässer des Eintrags über die Kläranlagen stellte, zumal viele Arzneimittelwirkstoffe möglichst stabil sein sollen, damit sie lange lagerfähig sind oder den sauren Magen passieren können. Daher sind diese Wirkstoffe meist persistent, schlecht abbaubar, weisen eine sehr gute Wasserlöslichkeit auf und adsorbieren schlecht an Boden, Sediment und Klärschlamm (SUN 2011).

Von Juli 2010 bis November 2010 wurden deshalb im Rahmen eines Arzneimittel-Untersuchungsprogrammes Arzneimittel-Konzentrationen im Ablauf der Kläranlagen Erlangen, Fürth, Schwabach, KW 1 & KW 2 Nürnberg und im Oberflächengewässer an den Messstationen der ARGE (Arbeitsgemeinschaft Gewässerschutz obere Regnitz der Städte Erlangen, Fürth, Schwabach und Nürnberg) bei Hüttendorf (Regnitz) , Theodor-Heuss-Brücke (Pegnitz) und Neumühle (Rednitz) von SUN im Auftrag der ARGE an je zwei Messterminen gemessen (SUN 2011).

Die methodische Durchführung der Untersuchungen kann SUN (2011) in Anhang VII entnommen werden. Die Auswahl der zu untersuchenden Arzneimittel richtete sich nach unterschiedlichen Kriterien (z. B. Relevanz für Kläranlagenabläufe oder Oberflächengewässer, s. SUN 2011) und ist in Tabelle Tab. 14 dargestellt:

Tab. 14: Parameterumfang der Arzneimitteluntersuchungen (aus SUN 2011)

Parameter	Wirkstoffgruppe	Verbrauchs- menge t	persistent	QKW µg/L	BG µg/L AW/OW
Diclofenac	Analgetika, Antihypertonika	85,8		UQN 0,1	0,05/0,02
Acetaminophen	Analgetika, Antiphlogistika	65,4			0,05/0,02
Phenazon	Analgetika	24,8			0,05/0,02
Ibuprofen	Analgetika, Lipidsenker	344,9		QN 7,1	0,5/0,2
Naproxen	Analgetika, Lipidsenker	5,1		PNEC 23	0,05/0,02
Metoprolol	Antihypertonika	93		PNEC 7,3	0,05/0,02
Sotalol	Antihypertonika	26,6			0,05/0,02
Sulfamethoxazol	Antibiotika; Tierarzneimittel	53,6		UQN 0,1	0,05/0,02
Trimethoprim	Antibiotika; Tierarzneimittel	11,4		PNEC 3	0,05/0,02
Erythromycin	Antibiotika	13,7		QN 0,02	0,05/0,02
Clarithromycin	Antibiotika	7,2		PNEC 0,002	0,05/0,02
Roxythromycin	Antibiotika	9,6		PNEC 4	0,05/0,02
Carbamazepin	Antiepileptika	87,6	x	UQN-V 0,5	0,05/0,02
Amidotrizoensäure	Röntgenkontrast- mittel	60,7			0,5/0,2
Iopamidol	Röntgenkontrast- mittel	43	x		0,5/0,2
Ifosfamid	Zytostatika	0,2			0,05/0,02
Clofibrinsäure	Lipidsenker	2,3 seit 2004 <<	x	QN-V 5	0,05/0,02
Bezafibrat	Lipidsenker	33,5		PNEC 6	0,05/0,02
Desethylatrazin	Pestizid				0,05/0,02
Metolachlor	Pestizid				0,05/0,02
Coffein	Stimulantien Psychotonika				0,05/0,02

Verbrauchsmengen 2001 entnommen www.blac.de QKW= Qualitätskennwert
 QN=Qualitätsnorm UQN= Umweltqualitätsnorm PNEC= Predicted no effect concentration

Die Arzneimitteluntersuchungen der Kläranlagenabläufe ergaben folgende Ergebnisse:

Von den untersuchten Arzneimitteln wurden bei allen Kläranlagenabläufen und damit auch bei KW 1

- das Analgetikum Diclofenac,
- die Antihypertonika Metoprolol, Sotalol
- die Antibiotika Sulfamethoxazol, Trimetoprim, Erythromycin, Clarithromycin, Roxithromycin
- das Antiepileptikum Carbamazepin
- der Lipidsenker Bezafibrat

in Konzentrationen von 0,06 bis 8,51 µg/l quantifiziert.

Ergebnisse für KW 1:

In KW 1 wurden die höchsten Frachten für Iopamidol, Diclofenac, Metoprolol, Sulfamethoxazol und Carbamazepin gemessen. Der Eintrag in die Pegnitz muss als hoch für die eben genannten sowie die weiteren Arzneimittelstoffe Amidotrizoesäure, Ibuprofen und Naproxen eingestuft werden. Signifikante Einträge im Sinne des ÖGewV-Entwurfs von 2010 (nicht übernommen in die aktuelle ÖGewV 2016) erfolgten für Diclofenac (0,21/0,34 µg/l an den beiden Messtagen) und Sulfamethoxazol (0,12/0,07 µg/l). Gemäß SUN (2011) wirkt Diclofenac bereits bei einer Konzentration von 1 µg/l toxisch gegenüber Fischen. Erst bei Konzentrationen im Milligrammbereich zeigen Algen, Kleinkrebse und Rädertierchen toxische Reaktionen (SUN 2011). Es muss laut SUN (2011) damit gerechnet werden, dass der Jahresmittelwert in der Pegnitz den 2010 vorgeschlagenen UQN-Wert von 0,1 µg/l evtl. auf Grund der Einträge von KW 1 und KW 2 überschreiten könnte. Auch für Sulfamethoxazol gibt SUN (2011) an, dass die Möglichkeit besteht, dass die 2010 vorgeschlagene UQN (0,1 µg/l) in der Pegnitz überschritten werden könnte. Sulfamethoxazol wirkt laut SUN (2011) toxisch auf Blaualgen und Wasserpflanzen. Geringere Toxizität (Konzentrationen in mg/l) wurde gegenüber Algen, Kleinkrebsen und Fischen nachgewiesen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Zusammensetzung und/oder das Wachstumsverhalten mikrobieller Biozönosen beeinflusst wird (SUN 2011).

Als Gegenmaßnahme zu den hohen Einträgen an Röntgenkontrastmitteln (Iopamidol) aufgrund der geringen Elimination in der Kläranlage wird eine weitergehende Reinigungsstufe (Pulveraktivkohle), die zu einer Reduzierung von 50 -75 % für Iopamidol führen würde, vorgeschlagen (SUN 2011).

Die Autoren merken ferner an, dass bei zukünftigen Untersuchungen auch die wichtigsten Metabolite diverser Arzneimittelstoffe zu quantifizieren sind, um die Aussagekraft weiter zu steigern.

6.6 Einfluss von Niederschlagsereignissen auf die Gewässerchemie

Im Untersuchungsgebiet zwischen Lederersteg und Stadtgrenze Nürnberg/Fürth befinden sich 9 Entlastungsbauwerke, die ab entsprechenden Niederschlagsmengen, Misch- bzw. Niederschlagswasser in die Pegnitz abgeben (Tab. 4). Einen Eindruck über den Einfluss von stärkeren Regenergieignissen hinsichtlich chemischer Veränderungen in der Pegnitz können die kontinuierlichen Messungen (alle 15 Min.) der ARGE liefern, deren Messstation im Bereich der Theodor-Heuss-Brücke jedoch oberhalb der meisten der 9 Entlastungsbauwerke des Untersuchungsgebietes sowie oberhalb von KW 1 und KW 2 liegt und die daher hauptsächlich Einträge ins Gewässer oberstromig des Untersuchungsgebietes widerspiegeln.

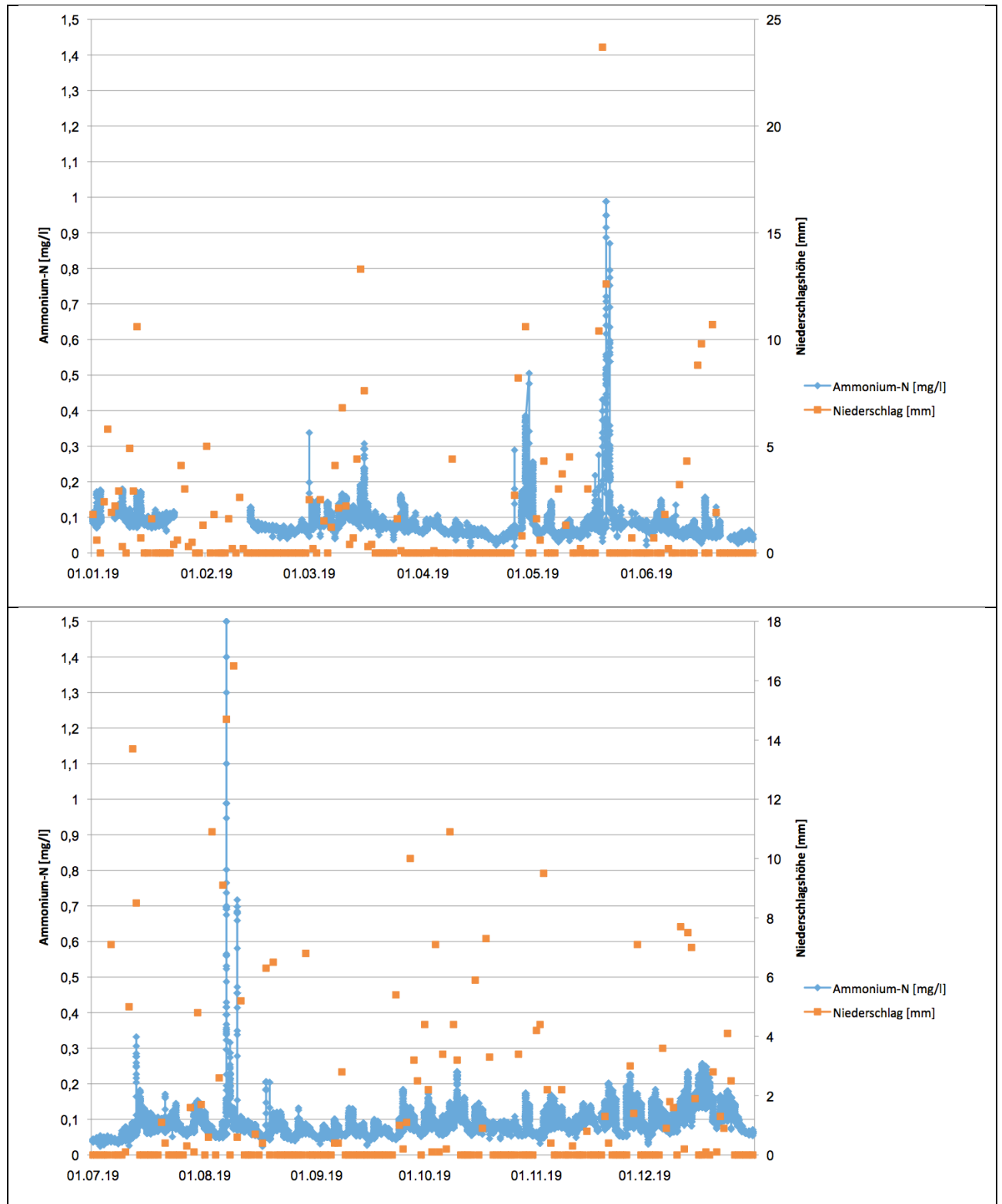


Abb. 11: Verlauf der Ammonium-N-Konzentrationen in der Pegnitz im Rahmen der ARGE-Messungen (automatische Probenahme und Messung alle 15 Min.) im Bereich der Theodor-Heuss-Brücke und zugehörige Niederschlagsmengen (Wetterstation Nürnberg Flughafen) im Jahresverlauf 2019

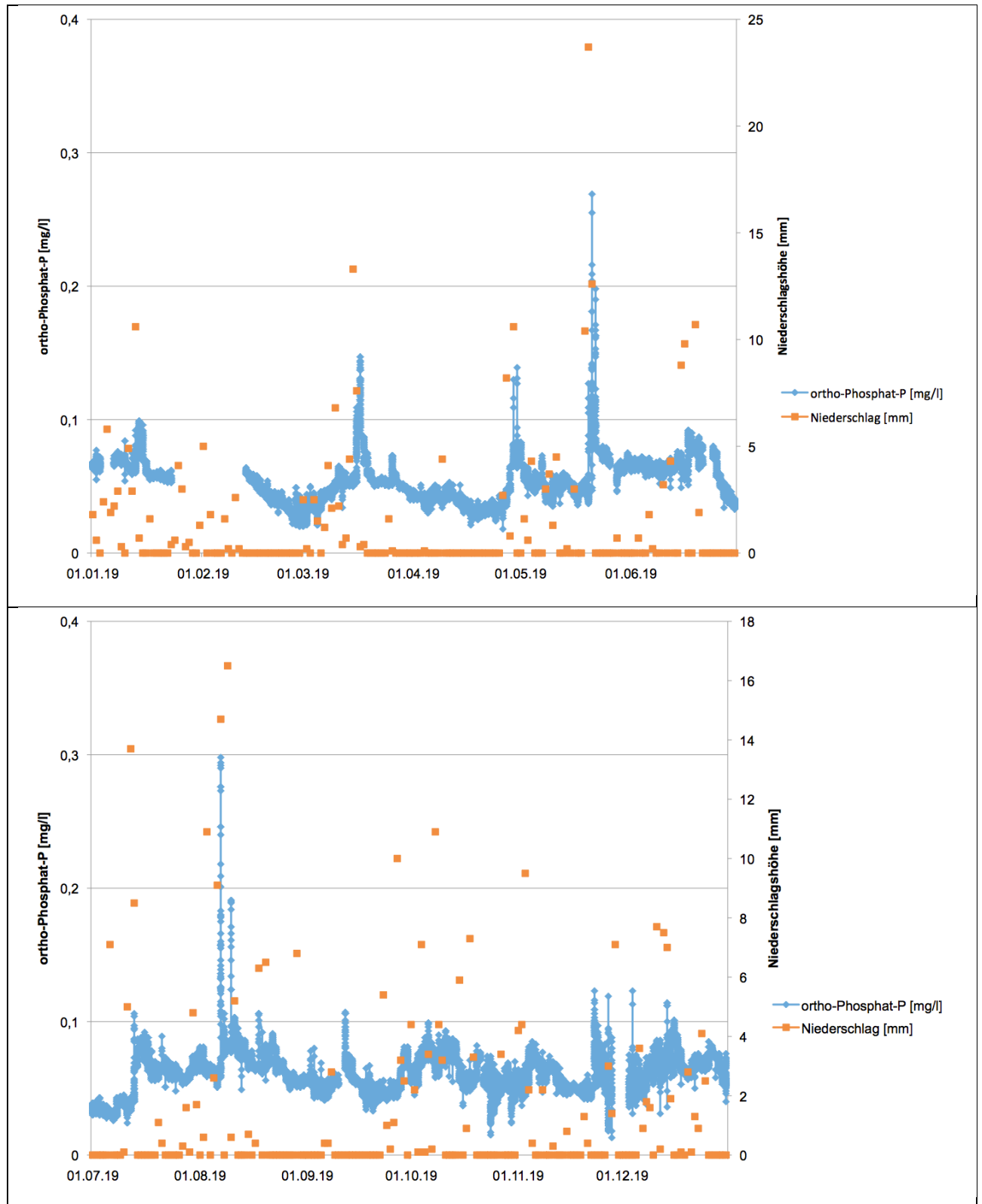


Abb. 12: Verlauf der ortho-Phosphat-P-Konzentrationen in der Pegnitz im Rahmen der ARGE-Messungen (automatische Probenahme und Messung alle 15 Min.) im Bereich der Theodor-Heuss-Brücke und zugehörige Niederschlagsmengen (Wetterstation Nürnberg Flughafen) im Jahresverlauf 2019

Anhand der beiden Diagramme (Abb. 11) zeigt sich, dass die Konzentrationen an Ammonium-N in der Pegnitz im Bereich der Theodor-Heuss-Brücke mit den Niederschlagsmengen korrelieren. Insofern ist davon auszugehen, dass Mischwasserentlastungen bzw. oberstromig liegende Klärwer-

ke am Ammonium-Anstieg beteiligt sind. Zudem sind andere, diffuse Quellen, z. B. Abschwemmungen aus landwirtschaftlichen Flächen, denkbar. Auffallend ist, dass die Ammonium-N-Werte teils sehr hohe Größenordnungen annehmen und eine maximale Konzentration von 1,5 mg/l erreichen, was das Fünfzehnfache des Orientierungswertes nach OGewV (2016) bedeutet. Bei diesen Extremwerten trafen starke Regenfälle auf relativ niedrige Pegnitzabflüsse, wodurch sich ungünstige Mischungsverhältnisse ergaben. Es ist anzunehmen, dass in Abhängigkeit vom pH-Wert und der Wassertemperatur niederschlagsbedingt hohe temporäre Ammonium-Konzentrationen auch zu deutlich erhöhten Ammoniak-Werten beitragen. Im Jahresmittel 2019 errechnet sich eine Ammonium-N-Konzentration von 0,085 mg/l, was den Ergebnissen des Untersuchungszeitraums des vorliegenden Gutachtens (Abb. 10) recht nahe kommt und die Vorgabe nach OGewV (2016) erfüllt.

Vergleichbar zu Ammonium-N verhält es sich auch bei ortho-Phosphat-P (Abb. 12). Auch hier führen insbesondere hohe Niederschlagsmengen zu einem deutlichen Peak der Konzentration an ortho-Phosphat-P mit Werten bis knapp 0,3 mg/l, was deutlich außerhalb des Orientierungswertbereichs von maximal 0,07 mg/l (OGewV 2016) liegt. Der Jahresmittelwert 2019 betrug 0,058 mg/l und erfüllt somit die Vorgabe.

7 Untersuchung der biologischen QK Markzoobenthos

7.1 Methodik und Probenahme

Die Bewertung der Fließgewässerabschnitte wurde mit standardisierten Methoden zur Aufsammlung, Aufbereitung und Auswertung von Makrozoobenthos (benthische Wirbellose) nach dem Methodischen Handbuch gemäß der Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) nach Meier et al. (2006a) durchgeführt.

Die Probenahmen erfolgten am 06.06.2019, bei Abflussverhältnissen zwischen 5,15 m³/s und 5,37 m³/s (Pegel Nürnberg Lederersteg, Pegnitz). Die Beprobung der Habitate im Freiland wurde dabei proportional zum Vorkommen der einzelnen Habitate (Substratstrukturen) an den jeweiligen Probestellen (Multi-Habitat-Sampling mit 20 Teilproben) durchgeführt. Das gesammelte biologische Material wurde, soweit im Gelände nicht bestimmbar, konserviert und im Labor bestimmt (Abb. 13).



Abb. 13: Utensilien der MZB-Probenahme (links) sowie Auslesen ausgewählter Taxa im Gelände (rechts).

Im Labor wurden jeweils Unterproben zur Reduktion des Probenmaterials gemäß des o.g. Handbuchs entnommen, wobei pro Probe mindestens 350 Tiere ausgelesen und bestimmt wurden. Die taxonomische Bestimmung der Organismen wurde auf unterschiedlichem Niveau durchgeführt. Alle Tiere wurden mindestens entsprechend den Vorgaben der Operationellen Taxaliste für Fließgewässer in Deutschland bestimmt. Darüber hinaus erfolgte, soweit möglich, eine Auftrennung der Tubificidae und Naididae innerhalb der Wenigborster (Oligochaeta). Die Angaben zur Abundanz sind auf einen Quadratmeter standardisiert (Ind./m²).

Die Dateneingabe und rechnerische Ermittlung der ökologischen Qualität der Fließgewässer erfolgt mit Hilfe der Bewertungssoftware ASTERICS (aktuelle Version 4.0.4) und des deutschen Standardbewertungsverfahrens PERLODES. Dabei findet eine Filterung der Daten statt, sodass nur Taxa Verwendung finden, welche ökologisch eingestuft und gut bestimmbar sind. Für sämtliche Berechnungen innerhalb des Berichts werden diese gefilterten Daten als Grundlage herangezogen.

Auf Basis der Ergebnisse der vorgefundenen Makrozoobenthos-Besiedlung und unter Berücksichtigung des Fließgewässertyps 9.2 „Große Flüsse des Mittelgebirges“ werden für jede Probestelle die Module Saprobie (Maß der organischen Belastung) und die Allgemeine Degradation im Vergleich zum Referenzzustand berechnet und interpretiert. Nach dem „worst case“ Verfahren wird die ökologische Zustandsklasse gemäß der schlechteren Bewertung der beiden Module Saprobie und Allgemeine Degradation ermittelt. Die Qualitätsklassen nach der EG-WRRL sind in Tab. 15 dargestellt.

Die Feldprotokolle sind Anhang X.1 und X.2 zu entnehmen.

Tab. 15: Farbcode der Güteklassifizierung nach der WRRL

I - sehr gut	II - gut	III - mäßig	IV - unbefriedigend	V - schlecht
--------------	----------	-------------	---------------------	--------------

7.2 Ergebnisse der biologischen QK Makrozoobenthos

7.2.1 Substratzusammensetzung nach Multi-Habitat-Sampling

Die Probestellen wurden unter Berücksichtigung vergleichbarer Substrat-, Strömungs- und Beschattungsverhältnisse so ausgewählt, dass sie sich nach Möglichkeit nur geringfügig unterscheiden, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Die Vor-Ort-Verhältnisse an den Probestellen können Tab. 16 entnommen werden. An den beiden Probestellen, PS 1 und PS 2, dominierten hinsichtlich der Substratzusammensetzung Sande unterschiedlicher Korngrößen (Psammal). An PS 3 trat der Sandanteil zugunsten von Steinschüttungen infolge der Uferbefestigung etwas in den Hintergrund. Dies liegt vor allem an einer rasch zunehmenden Gewässertiefe, so dass entlang PS 3 überwiegend nur ufernahe Bereiche beprobt werden konnten. Hinsichtlich der weiteren vorgefundenen Mikrohabitate (faustgroße Steine, Grob- und Feinkies, untergetauchte Makrophyten, Totholz und organisches Feinsediment) liegen im Vergleich zu den anderen beiden Probestellen keine größeren Unterschiede vor. Im Gegensatz zu PS 1 und PS 2 liegt der Feinsedimentanteil etwas höher und Wurzeln von Ufergehölz (lebende Teile terrestrischer Pflanzen) fehlen an PS 3. Auch wenn an PS 3 die Strömungsvielfalt nur als „mäßig“ zu bewerten ist und das Strömungsbild insgesamt als langsamer als an PS 1 und PS 2 zu beurteilen ist, ist zusammen mit den Ergebnissen der GSK (gewässerstrukturelle Parameter) dennoch davon auszugehen, dass eine hinreichend gute Vergleichbarkeit der Probestellen gegeben ist.

Tab. 16: Probestellen mit GK Zone 4 Koordinaten, Substratzusammensetzung, Strömungseigenschaften, Beschattungszustand und organoleptische Befunde am 06.06.2020.

PS	PS 1	PS 2	PS 3
Datum	06.06.20	06.06.20	06.06.20
Gewässer	Pegnitz	Pegnitz	Pegnitz
Bezeichnung	oh. EL KW	uh. EL KW 2	uh. EL KW 1
Rechtswert	4430827	4429946	4428850
Hochwert	5480794	5481462	5481834
Substrat	Anteil in %	Anteil in %	Anteil in %
Mesolithal		5	5
Mikrolithal	5	5	5
Akal	5	5	
Psammal	65	50	25
Technolithal	10	10	40
Makrophyten submers	5	10	10
Lebende Teile terrestr. Pfl.	5	5	
Xylal	5	5	5
FPOM		5	10
Wasserführung	niedrig	niedrig	niedrig
Strömungsbild	langsam-schnell fließ.	langsam-schnell fließ.	langsam-mäßig fließ.
Strömungsvielfalt	mittel	mittel	mäßig
Beschattung	sonnig	sonnig	halbschattig
Kolmation	leicht	leicht	mäßig
Trübung	schwach	mittel	schwach

PS	PS 1	PS 2	PS 3
Färbung	keine	keine	leicht gelblich
Geruch	ohne	ohne	leichter Abwassergeruch

Begriffserklärungen:

Mesolithal (Gröstkorn-Faustgröße: >6 - 20 cm), Mikrolithal (Grobkies: >2 - 6 cm), Akal (Feinkies: >0,2 - 2 cm), Psammal (Sand: >6µm - 2 mm), Technolithal (Steinschüttungen), Makrophyten submers (untergetauchte Wasserpflanzen), Lebende Teile terrestrischer Pflanzen (z. B. Wurzelwerk), Xylal (Holz), FPOM (feinpartikuläres organisches Material).

7.2.2 Taxaliste, Diversität und funktionelle Gruppen der MZB-Lebensgemeinschaften

Im Zuge der Makrozoobenthos-Probennahmen konnten insgesamt 63 rezente Taxa aus 12 zoologischen Großgruppen festgestellt werden (Tab. 17). Unter den gefundenen Taxa befand sich mit der Steinfliege, *Leuctra geniculata*, eine Art der Roten Liste Bayern und Deutschland mit Gefährdungskategorie 3 „gefährdet“. Die Scharfe Tellerschnecke (*Anisus vortex*) wird derzeit auf der Vorwarnliste der beiden genannten Roten Listen geführt.

Mit der Neuseeländischen Zwergdeckelschnecke (*Potamopyrgus antipodarum*) und dem Schlickkrebs, *Corophium sp.*, wurden insgesamt zwei eingeschleppte Tierarten (Neozoen) im Untersuchungsgebiet nachgewiesen. *Potamopyrgus antipodarum* stammt ursprünglich aus Neuseeland, *Corophium sp.* aus dem Schwarzmeerraum. Beide Arten wurden vermutlich über den Schiffsverkehr in unsere heimischen Gewässer verfrachtet. *Corophium* profitiert vor allem von Steinschüttungen zur technischen Ufersicherung und verdrängt dort heimische Faunenelemente.

Anhand der Besiedlungsdichten konnte flussab eine Abnahme von PS 1 (2082 Ind./m²) über PS 2 (1723 Ind./m²) zu PS 3 (1667 Ind./m²) beobachtet werden. Die Taxazahl (ungefiltert) lag bei PS 2 am höchsten mit 47 Taxa, gefolgt von PS 1 (41 Taxa) und PS 3 (36 Taxa). Taxazahlen allein geben jedoch nicht unbedingt Auskunft über qualitative Unterschiede und sind deshalb mit Vorsicht zu betrachten. Die höchsten Taxazahlen innerhalb der 12 nachgewiesenen Großgruppen konnten jeweils bei der Gruppe der Köcherfliegen (Trichoptera) festgestellt werden (PS 1: 11 Taxa; PS 2: 13 Taxa; PS 3: 10 Taxa), gefolgt von Eintagsfliegen (Ephemeroptera), Käfern (Coleoptera) und Zweiflüglern (Diptera). Eine vergleichende Darstellung zur prozentualen Verteilung der Individuendichte bezogen auf die Großgruppen kann Abb. 14 entnommen werden.

Die Benthoszönose wurde an den beiden Probestellen, PS 1 und PS 2, von der Köcherfliege, *Brachycentrus maculatus*, mit Anteilen von 28,9 % (PS 1) bzw. 30,4 % (PS 2), gefolgt von der Eintagsfliege, *Serratella ignita*, (PS 1: 14,9 %; PS 2: 14,4 %) dominiert. Bei PS 3 wiesen Zuckmücken der Familie Chironomidae mit 25,9 % die höchsten Anteile aller gefundenen Wasserwirbellosen auf, gefolgt von *Brachycentrus maculatus* mit einem Anteil von 24,7 % (Abb. 15).

Als Maß für die Biodiversität der Makrozoobenthosgesellschaften ergab der Shannon-Wiener-Index vergleichbare Ergebnisse für alle drei Probestellen: Während PS 1 und PS 2 mit Werten von 2,69 bzw. 2,67 nahezu identisch waren, ergab sich für PS 3 ein geringfügig niedrigerer Index von 2,52. Die Evenness (Äquität = Ausgewogenheit der Arten) von 0,73 (PS 1) bzw. 0,70 (PS 2 und 3) spiegelt - an allen Probestellen gleichermaßen - eine leichte Ungleichverteilung der Individuenzahlen innerhalb der einzelnen Taxa wider, die von der Dominanz der oben genannten Taxa (*Brachycentrus maculatus*, Chironomidae) geprägt ist.

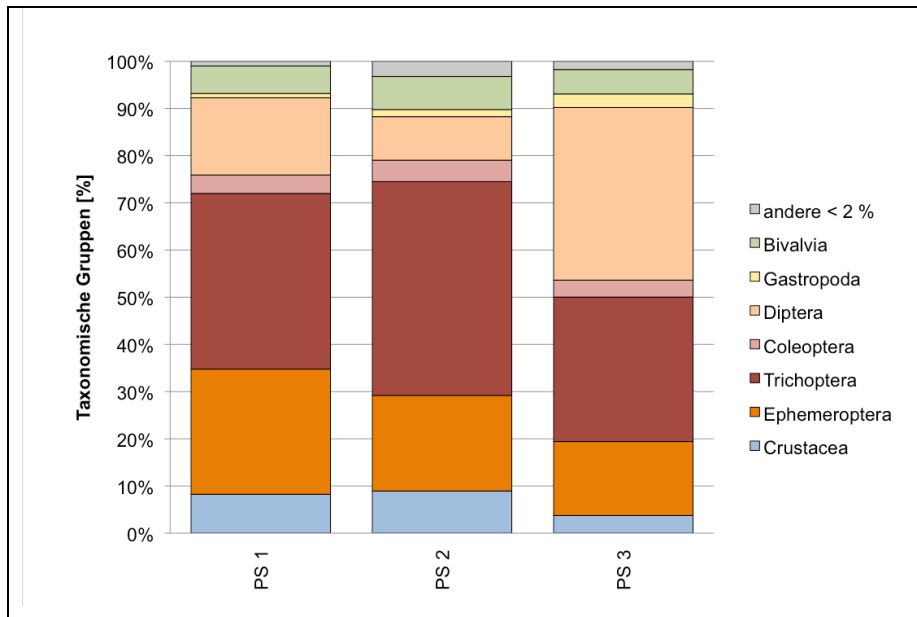


Abb. 14: Relative Häufigkeit der taxonomischen Gruppen im Juni 2019



Abb. 15: Köcherfliege *Brachycentrus maculatus* an Totholz (links) und Eintagsfliege *Serratella ignita* (rechts)

Tab. 17: Gesamttaxaliste des Makrozoobenthos für die drei MZB-Probestellen am 06.06.2019. Angegeben sind die Individuenzahlen (Ind./m²) sowie der Gefährdungsstatus (gefährdete Arten sind blau hervorgehoben). RLB: Rote Liste Bayern (Bay. LfU 2003 bzw. 2017); RLD: Rote Liste Deutschland (Binot 1998, erw. Gruttkte et al. 2016).

Taxon	RL B	RL D	PS 1	PS 2	PS 3
Datum der Probenahme			06.06.19	06.06.19	06.06.19
GASTROPODA					
<i>Ancylus fluviatilis</i>			5	0	0
<i>Anisus vortex</i>	V	V	0	2	0
<i>Bithynia tentaculata</i>			5	10	0
<i>Gyraulus albus</i>			0	14	0
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>			10	0	24
<i>Radix balthica</i>			0	0	24
BIVALVIA					
<i>Pisidium sp.</i>			110	101	77
<i>Sphaerium corneum</i>			11	19	10
OLIGOCHAETA					
Lumbriculidae Gen. sp.			2	1	0
Naididae/Tubificidae Gen. sp.			5	0	0
Oligochaeta Gen. sp.			0	5	0
Tubificidae Gen. sp.			6	14	10
CRUSTACEA					
<i>Asellus aquaticus</i>			5	10	5
<i>Corophium sp.</i>			19	19	0
<i>Gammarus roeselii</i>			148	125	58
HIRUDINEA					
<i>Dina punctata</i>			0	5	0
<i>Erpobdella octoculata</i>			0	5	0
Hirudinea Gen. sp.			0	5	0
EPHEMEROPTERA					
<i>Baetis buceratus</i>			11	0	0
<i>Baetis fuscatus</i>			40	72	10
<i>Baetis liebenaueae</i>			10	2	0
<i>Baetis sp.</i>			5	0	0
<i>Caenis luctuosa</i>			67	0	5
<i>Caenis macrura</i>			67	1	43
<i>Caenis macrura-Gr.</i>			38	24	77
<i>Ephemera danica</i>			5	0	0
<i>Heptagenia sulphurea</i>			0	1	0
<i>Serratella ignita</i>			310	248	127
ODONATA					
<i>Calopteryx splendens</i>			1	2	0
PLECOPTERA					
<i>Leuctra geniculata</i>	3	3	7	24	14
MEGALOPTERA					
<i>Sialis lutaria</i>			0	0	5
COLEOPTERA					
<i>Elmis aenea/maugetii Ad.</i>			0	0	11
<i>Elmis sp. Lv.</i>			38	24	29
<i>Hydraena gracilis Ad.</i>			0	5	0
Hydroporinae Gen. sp.			0	5	0
<i>Limnius sp. Lv.</i>			38	29	5
<i>Limnius volckmari Ad.</i>			0	5	0
<i>Nebrioporus depressus/elegans Ad.</i>			0	6	1

Taxon	RL B	RL D	PS 1	PS 2	PS 3
Datum der Probenahme			06.06.19	06.06.19	06.06.19
<i>Oulimnius sp. Lv.</i>			0	0	5
<i>Oulimnius tuberculatus</i> Ad.			5	5	10
TRICHOPTERA					
<i>Athripsodes albifrons</i>			43	102	19
<i>Athripsodes cinereus</i>			5	0	10
<i>Athripsodes sp.</i>			0	0	10
<i>Brachycentrus maculatus</i>			601	524	412
<i>Brachycentrus sp.</i>			0	5	5
<i>Ceraclea dissimilis</i>			10	19	0
<i>Cheumatopsyche lepida</i>			38	48	24
<i>Hydropsyche pellucidula</i> -Gr.			5	0	11
<i>Hydropsyche siltalai</i>			6	14	0
<i>Lepidostoma hirtum</i>			11	12	5
<i>Micropterna lateralis/sequax</i>			0	5	0
<i>Oecetis lacustris</i>			0	5	0
<i>Oecetis notata</i>			10	19	10
<i>Polycentropus flavomaculatus ssp.</i>			29	14	6
<i>Psychomyia pusilla</i>			0	10	0
<i>Rhyacophila (Rhyacophila) sp.</i>			16	1	0
DIPTERA					
<i>Antocha sp.</i>			5	0	0
<i>Atrichops crassipes</i>			0	0	5
Ceratopogoninae Gen. sp.			0	5	5
Chironomidae Gen. sp.			101	101	432
Chironomini Gen. sp.			125	5	48
<i>Prodiamesa olivacea</i>			62	10	34
Tanytarsini Gen. sp.			48	38	86
Anzahl Taxa			41	47	36
Besiedlungsdichte (Ind./m ²)			2082	1723	1667

Funktionelle Gruppen

Die funktionellen Gruppen des MZB, die Ernährungstypenverteilung sowie die Mikrohabitat-, Zonierungs- und Strömungspräferenzen, werden im Folgenden zur vertieften Auswertung an den untersuchten Stellen an der Pegnitz dargestellt.

Zonierungspräferenzen:

Der Untersuchungsbereich ließ sich anhand der Besiedlungsstruktur überwiegend dem Rhithral (Bachregion), zu deutlich geringeren Anteilen dem Potamal (Flussregion) sowie dem Litoral/Profundal (Uferzone/Tiefenzone v.a. stehender Bereiche) zuordnen. Litoralbesiedler sind an Bedingungen der Ufer- und Flachwasserzone angepasst. Ein erhöhter Anteil kann jedoch beispielsweise auch einen Hinweis auf eine erhöhte Menge an anspruchslosen Generalisten geben. Während die Potamalanteile an allen drei Probestellen nahezu identisch waren - Bewohner der oberen Flussregion (Epipotamal) machten den größten Potamalanteil aus - lagen die rhithralen Anteile bei PS 3 etwas unter jenen der beiden übrigen PS. Dafür waren die Anteile von Besiedlern des Litorals/Profundals bei PS 3 etwas höher. Die Anteile von Faunenelementen des Krenals bzw. Hypokrenals (Quellregion) waren an allen drei Probestellen sehr niedrig. Die Datenlage war für

einen Anteil von jeweils ca. 20 % der Taxa auf Grund bisher fehlender bzw. unerforschter autökologischer Informationen defizitär.

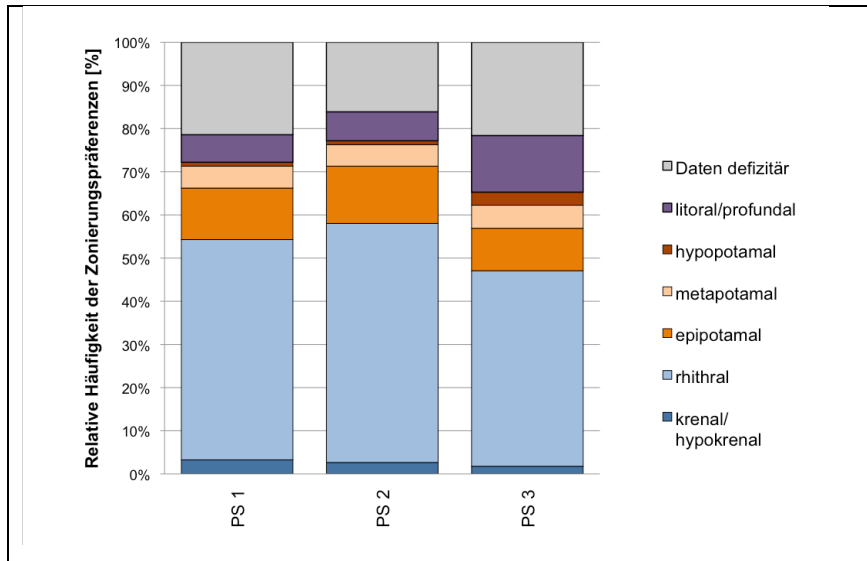


Abb. 16: Relative Häufigkeiten der Zonierungspräferenzen im Juni 2019

Strömungspräferenzen:

Hinsichtlich der Strömungspräferenzen dominierten bei PS 1 und PS 2 zu nahezu gleichen Anteilen Taxa, die nur in strömendem Wasser vorkommen bzw. strömungsliebend sind (rheobionte bzw. rheophile Taxa). Derartige Taxa waren bei PS 3 deutlich weniger häufig vertreten, dafür wiesen hier sich indifferent verhaltende Taxa (sog. Generalisten) wesentlich höhere Anteile auf als bei PS 1 und PS 2. Die Anteile der Übergangsbereiche von strömungsliebend bzw. -meidend (rheo- bis limnophil bzw. limno-bis rheophil) lagen zwar an PS 2 etwas höher als an den übrigen beiden Probestellen, insgesamt sind die Unterschiede jedoch noch als geringfügig zu bezeichnen. Für einen Anteil von jeweils ca. 10-15 % war die Datenlage defizitär auf Grund fehlender autökologischer Kenntnisse.

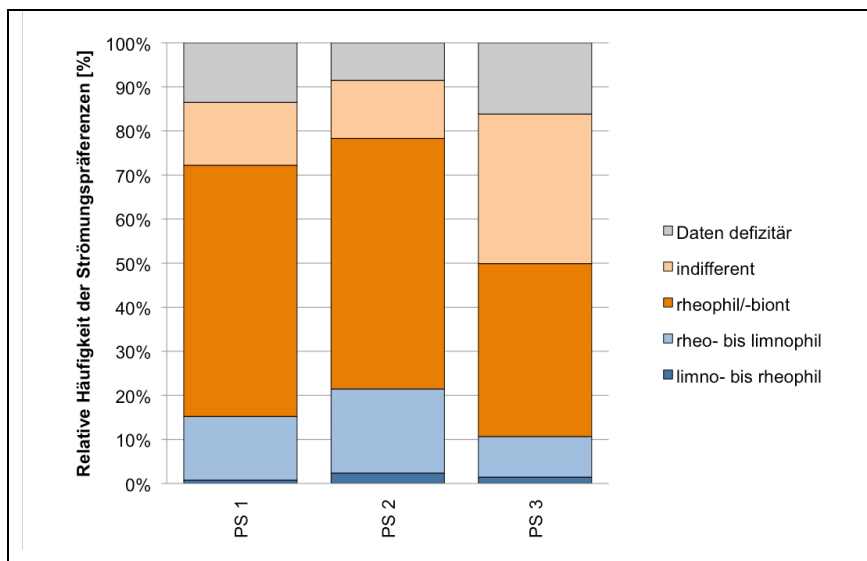


Abb. 17: Relative Häufigkeiten der Strömungspräferenzen im Juni 2019

Mikrohabitatpräferenzen:

Stein (Lithal)- und pflanzenpräferierende (Phytal) Taxa wiesen an allen drei Probestellen die meisten Anteile auf (Abb. 18). Daneben zeigte sich an PS 3 ein etwa doppelt so hoher Anteil an Bewohnern von Schlamm und Feindetritus (Pelal). Geringere Anteile wiesen an allen drei PS sandbewohnende (Psammal), kiesbewohnende (Akal) und organisches Material bewohnende (POM) Wasserwirbellose sowie Anteile anderer Mikrohabitate auf. Für etwa jeweils 10 % der Faunenelemente fehlten autökologische Kenntnisse zur Einstufung.

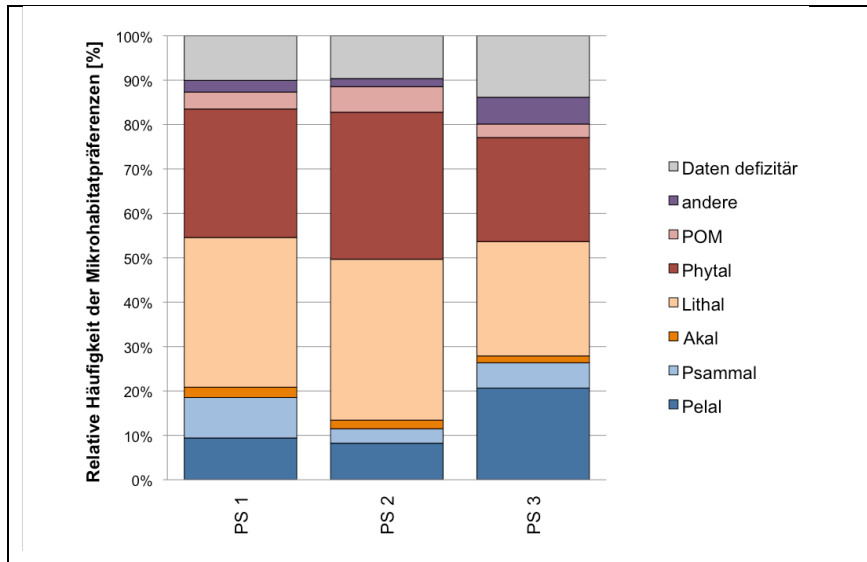


Abb. 18: Relative Häufigkeiten der Mikrohabitatpräferenzen im Juni 2019

Ernährungstypen:

Anhand der Ernährungstypenkategorien zeigten sich zwischen den drei Probestellen nur geringfügige Unterschiede im einstelligen Prozentbereich (Abb. 19). Insgesamt dominierten Weidegänger und Sedimentfresser, gefolgt von Räubern, passiven und aktiven Filtrierern sowie Zerkleinerern. Der Anteil anderer Ernährungstypen und der auf Grund fehlender ökologischer Kenntnisse nicht klassifizierbare Anteil waren jeweils gering.

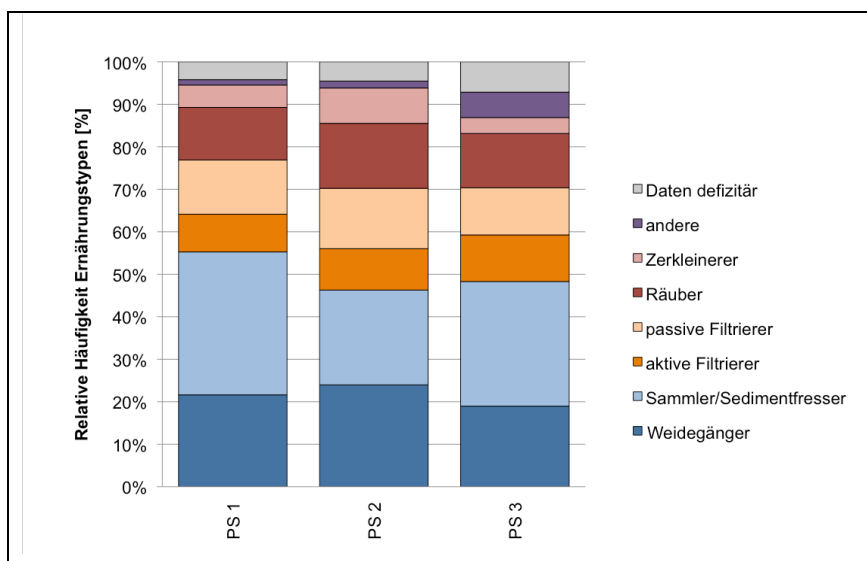


Abb. 19: Relative Häufigkeiten der Ernährungstypen im Juni 2019

7.2.3 Bewertung nach der Wasserrahmenrichtlinie

Die Bewertungsergebnisse zur Ermittlung des ökologischen Zustands von Fließgewässern anhand der Qualitätskomponente Makrozoobenthos, nach Vorgaben der EG-WRRL unter Verwendung der Software ASTERICS (Version 4.0.4), sind in Tab. 18 abgebildet und werden im Folgenden detailliert beschrieben.

Tab. 18: Bewertungsergebnisse des MZB anhand der WRRL mit Score-Points (0-1)

Messtelle	PS 1	PS 2	PS 3
ÖZK Saprobie	gut	gut	gut
Saprobienindex	2,03	2,04	2,04
ÖZK Degradation	sehr gut	gut	gut
Degradation gesamt	0,87	0,74	0,72
Fauna-Index Typ 9.2	0,81	0,60	0,66
Metharithral-Bes. [%]	0,93	0,92	0,78
EPT [%] (HK)	0,93	0,71	0,67
Anzahl EPTCBO	1,00	1,00	0,95
ÖZK gesamt	gut	gut	gut

Modul Saprobie

Das Modul Saprobie ist ein Maß für die organische Belastung des zu untersuchenden Fließgewässers und stellt einen zentralen Baustein in der Bewertung nach der WRRL dar.

Der Gewässertyp 9.2 „Große Flüsse des Mittelgebirges“ zeichnet sich durch einen mäßig hohen saprobiellen Grundzustand aus, der sich aus einer geringeren Sohlrauhigkeit auf Grund des höheren Sandanteils und der daraus bedingten gleichmäßigeren Strömung ergibt (Meier et al. 2006b). Im Grundzustand ist diesem Gewässertyp ein Saprobienindex von $s = 1,65$ zugewiesen. Die Klassengrenze vom „sehr guten“ zum „guten“ saprobiellen Zustand liegt bei $s = 1,80$, vom „guten“ zum „mäßigen“ Zustand bei $s = 2,25$. Alle weiteren Klassengrenzen waren für diese Untersuchung nicht relevant.

Die Werte des Moduls „Saprobie“ aller drei Probestellen fielen nahezu identisch aus und bewegten sich mit Werten von 2,03 bzw. 2,04 in einem soliden Bereich der „guten ökologischen Zustandsklasse“.

Modul Allgemeine Degradation

Das Modul „Allgemeine Degradation“ spiegelt strukturelle Defizite (Degradation der Gewässermorphologie, Nutzung im Einzugsgebiet) auf Habitat- und Einzugsgebietebene wider. Darüber hinaus wird der Wert dieses Moduls auch durch stoffliche Einwirkungen (Pestizide, hormonäquivalente Stoffe etc.) mit beeinflusst. Die Allgemeine Degradation setzt sich als multimetrischer Index aus mehreren sog. Core-Metrics zusammen. Im Falle dieses Gewässertyps sind das der Fauna-Index Typ 9.2, der prozentuale Anteil der Metarithral-Besiedler (Faunenelemente, die aus der mittleren Bachregion stammen), der prozentuale Anteil der EPT-Taxa (Ephemeroptera = Eintagsfliegen, Plecoptera = Steinfliegen, Trichoptera = Köcherfliegen) an den Gesamtindividuen und die Anzahl

der EPTCBO-Taxa (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera = Käfer, Bivalvia = Muscheln, Odonata = Libellen). Die Bewertung der Core-Metricen sowie der Allgemeinen Degradation erfolgt über Score-Points, wobei die Einteilung in Qualitätsklassen schrittweise erfolgt (Qualitätsklasse „schlecht“ von 0,0 bis $\leq 0,2$, „unbefriedigend“ von $> 0,2$ bis $\leq 0,4$, „mäßig“ von $> 0,4$ bis $\leq 0,6$, „gut“ von $> 0,6$ bis $\leq 0,8$, „sehr gut“ von $> 0,8$ -1).

Der Fauna-Index Typ 9.2 (DFI), bewertet die Naturnähe der Morphologie auf Habitat- und Einzugsgebietebene. Zudem kann dieser Index stoffliche Gewässerbelastungen durch eine Abnahme empfindlicher Gütezeiger und einer Zunahme von Störungszeigern indizieren. Insbesondere das Fehlen von Arten wichtiger Gruppen, wie Eintags-, Stein- und Köcherfliegen können sich stark auf den DFI auswirken.

Insgesamt überwogen an allen drei Messstellen flussgebietstypische Faunenelemente gegenüber Störzeigern, was sich auch in der Bewertung des jeweiligen DFI widerspiegelte: An der Referenzstelle, PS 1, wurde der DFI mit einem Score von 0,81 mit „sehr gut“ bewertet, wobei sich der Wert direkt an der Klassengrenze zu „gut“ befindet. Die Probestellen PS 2 und PS 3 lagen mit ihren jeweiligen DFI-Scores in einem „guten“ Bereich (PS 2 an der Klassengrenze zu „mäßig“). Gründe für den Unterschied stellen u.a. das Fehlen der Eintagsfliegenart *Baetis buceratus* bei PS 2 und PS 3 dar, die sehr typisch für Fließgewässertyp 9.2 ist, jedoch auch nur in geringer Individuendichte bei PS 1 vorkam. Zudem waren die Unterschiede durch Störzeiger, wie beispielsweise *Asellus aquaticus*, *Bithynia tentaculata* oder *Corophium sp.*, bedingt, die stark mit Hartsubstraten, vor allem Blocksteinen zur technischen Ufersicherung, assoziiert sind. Blocksteinsicherung entlang der Ufer trat bei PS 2 mitunter am massivsten auf.

Das Vorkommen eines deutlichen Anteils an Metarhithral-Besiedlern (>22 %) unterstreicht den rhithralen Charakter, den auch Gewässer dieser Größe im naturnahen Zustand noch besitzen. Dabei hängt die Höhe des Anteils an Metarhithral-Besiedlern eng mit der ökologischen Qualität zufließender Nebenbäche oder -flüsse zusammen, und integriert so den Zustand des Einzugsgebietes in die Bewertung (Meier et al. 2006b). Mit einem Anteil an Metarhithral-Besiedlern von jeweils knapp über 23 % wurden PS 1 und PS 2 hinsichtlich dieses Metrics mit „sehr gut“ bewertet. Etwas niedriger fällt der Anteil bei PS 3 aus (20,6 %), was eine „gute“ Bewertung zur Folge hat und mit einem Score von 0,78 nahe an der „sehr guten“ Bewertungskategorie liegt.

Die EPT-Taxa [%] (Häufigkeitsklasse), welche in der Regel belastungsintolerante Arten mit hohen Habitatansprüchen im Gewässer sowie im terrestrischen Umfeld darstellen, deuten beim Fließgewässertyp 9.2 ab Werten von ≤ 43 % auf ein Artendefizit sowie verschobene Arten- und Abundanzverhältnisse innerhalb dieser charakteristischen Gruppe hin (Meier et al. 2006b). Ein Wert von knapp 53 % bescheinigt PS 1 eine „sehr gute“ Kategorisierung hinsichtlich dieses Parameters. PS 2 und PS 3 liegen mit 46 % bzw. 45 % in einem „guten“ Zustandsklassenbereich.

Die Gruppe der EPTCBO-Taxa stellt in naturnahen großen Mittelgebirgsflüssen einen wesentlichen Teil der vorkommenden Taxa dar. Dieser Core-Metric konnte an allen Probestellen mit „sehr gut“ bewertet werden.

In der Gesamtschau ergaben sich für das Modul Allgemeine Degradation eine „sehr gute“ Bewertung für PS 1 (Score: 0,87) und „gute“ Bewertungen für PS 2 (Score: 0,74) und PS 3 (Score: 0,72).

Gesamtbewertung QK Makrozoobenthos

Nach dem Prinzip des „worst-case“ ergab die Fließgewässerbewertung anhand der Makrozoobenthos-Besiedlung aus den Modulen „Saprobie“ und „Allgemeine Degradation“ an allen drei Probestellen eine „gute ökologische Zustandsklasse“. Gemäß der Bewertungssoftware gelten alle Ergebnisse auf Grund einer guten Anzahl an Indikatortaxa als „gesichert“.

7.3 Diskussion der Ergebnisse der QK Makrozoobenthos

Anhand der Erhebung der QK Makrozoobenthos vom 06.06.2019 konnte an allen Probestellen der „gute ökologische Zustand“ nach WRRL festgestellt und damit die Ergebnisse des WRRL-Monitorings für den FWK 2_F037 an der Messstelle „Friedhofsteg“ (ca. 750 m flussab des Untersuchungsgebietes) bestätigt werden. Für Fließgewässertyp 9.2 sind zur Bewertung des ökologischen Zustands die beiden Module Saprobie und Allgemeine Degradation heranzuziehen. Hinsichtlich des Moduls Saprobie waren die Ergebnisse für alle drei Probestellen nahezu identisch und lagen in einem soliden „guten“ Bereich. Im Modul Allgemeine Degradation schnitt die Referenzstelle, PS 1, oberhalb der beiden KW-Einleitungen etwas besser ab als PS 2 und PS 3 (jeweils „gut“) und wurde mit „sehr gut“ bewertet. Maßgeblich hierfür waren bessere Bewertungen der Core-Metrics Fauna-Index Typ 9.2 (DFI) und EPT-Taxa [%] (HK) bedingt durch die Präsenz bzw. höhere Individuendichte flussgebietstypischer Faunenelemente der EPT-Taxa (Individuendichte der EPT-Taxa 1336 Ind./m² bei PS 1, 1150 Ind./m² bei PS 2 bzw. 786 Ind./m² bei PS 3).

Da EPT-Taxa in der Regel höhere Habitatansprüche haben und belastungsintoleranter sind als andere Gruppen, reagieren Vertreter dieser drei Insektenordnungen in der Regel sensibler auf sich ändernde Umweltbedingungen bzw. Schadstoffeinträge. Der Abnahme des EPT-Scores gemäß WRRL bei PS 2 (unterhalb KW 2) folgt lediglich eine schwache weitere Abnahme bei PS 3 (unterhalb KW 1). Die Besiedlungsdichte der EPT-Taxa (Individuenzahlen pro m²) fällt jedoch bei PS 3 noch einmal deutlich ab. Das kann mehrere Ursachen haben: Zum einen ergaben die wasserchemischen Analysen insbesondere hinsichtlich der Parameter Nitrit-N und Ammonium-N (daneben auch für ortho-Phosphat-P und Gesamt-P) mitunter erhöhte Werte, die teils deutlich über den Vorgaben der OGewV (2016) zur Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ lagen (s. Kapitel 6.2.2). Zudem waren die Sauerstoffverhältnisse unterhalb der Einleitung von KW 1 bei PS 3 - zumindest in den warmen Monaten des Untersuchungszeitraums – merklich niedriger als noch oberhalb. Wassertemperaturmessungen zeigten mitunter eine Erwärmung von bis zu 2 °C bei PS 3 im Vergleich zu oberhalb (s. Kapitel 6.2.1). Insbesondere die Atemhabitatbedingungen für Organismen mit höheren Ansprüchen an die Sauerstoffverfügbarkeit und geringen Wassertemperaturen (kaltstenotherme Arten) können dadurch beeinträchtigt werden. Nicht auszuschließen sind zudem Effekte durch Substanzklassen (z. B. Medikamentenrückstände, hormonell oder toxisch wirksame Substanzen etc.). Eine weitere Möglichkeit bestünde darin, dass Mischwassereinleitungen, die sich flussab besonders im Starkregenfall aufsummieren können, Negativeffekte auf die EPT-Taxa ausüben. Die Tatsache, dass bei PS 3 überwiegend nur die Uferbereiche beprobt werden konnten und zudem etwas geringere Fließgeschwindigkeiten und ein höherer Kolmationsgrad (der allerdings auch durch Eutrophierungserscheinungen sowie Feststoffeintrag gefördert wird) vorlagen, kann ebenso einen gewissen, jedoch nicht quantifizierbaren Einfluss auf die Besiedlung durch EPT-

Taxa haben. Auch der Anteil der Metarhithralbesiedler dürfte durch diese Faktoren zumindest bis zu einem gewissen Grad beeinflusst werden. Während bei PS 1 und PS 2 nahezu identische Scores vorlagen, fiel die Bewertung dieses Core-Metric bei PS 3 etwas ab. Zusätzlich hatten Störzeiger, deren Präsenz bzw. leicht erhöhte Individuendichten bei PS 2 und PS 3 im Vergleich zu PS 1 vermutlich insbesondere auf morphologische Defizite durch Ufersicherung (höherer Anteil an Blocksteinschüttung) zurückzuführen waren, leicht negative Effekte auf den DFI. Insgesamt wurden jedoch auch bei PS 3, unterhalb der Einleitung von KW 1, gemäß WRRL gute Ergebnisse hinsichtlich des DFI und der EPT-Taxa erzielt. Keinerlei nennenswerte Unterschiede zwischen den drei Probestellen ergab der Core-Metric EPTCBO.

Nach der benthoszönotischen Auswertung (Zusammensetzung, funktionelle Gruppen) erwies sich die Köcherfliege *Brachycentrus maculatus* bei PS 1 und PS 2 als dominante Art, bei PS 3 wurde diese Art noch leicht von Zuckmückenanteilen (Chironomidae) übertroffen. *Brachycentrus maculatus* wurde an allen drei Probestellen in hoher Dichte an Totholz vorgefunden, was die Bedeutung von hölzernen Hartsubstraten in Form von Ästen, Zweigen oder Stämmen als wichtige Habitate in ansonsten eher an Hartsubstraten armen, sandigen Gewässern unterstreicht. Als Ursachen für den erhöhten Anteil an Zuckmücken bei PS 3 scheinen oben genannte Gründe (Beprobung hauptsächlich entlang des Ufers, etwas geringere Fließgeschwindigkeit, Kolmation, Belastung mit Feststoffen) in Frage zu kommen. Diese Faktoren können mitunter auch herangezogen werden, um die höheren Anteile an Litoralbewohnern (Zonierungspräferenzen), Pelal-Besiedlern (Besiedler von schlammigem Substrat) (Mikrohabitatpräferenzen) und sich indifferent verhaltenden Arten hinsichtlich der Strömungspräferenzen bei PS 3 im Gegensatz zu den anderen beiden Probestellen zu erklären. Auch hierbei kann ein stofflicher oder chemische-physikalischer Einfluss von KW 1 nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Hinsichtlich der Ernährungstypenverteilung dominierten an allen drei Probestellen Weidegänger und Sedimentfresser, was für diesen Gewässertyp als charakteristisch einzuordnen ist.

Unterm Strich kann ein leichter Negativeinfluss von KW 1 auf die Besiedlungsstruktur der QK Makrozoobenthos nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Genannte methodische Schwierigkeiten, die sich trotz sorgfältiger Auswahl der Probestellen aus den Gegebenheiten vor Ort ergaben, ließen keine konkreteren Aussagen zu. Nach Maßgabe der WRRL wird jedoch auch an PS 3 ein solider „guter ökologischer Zustand“ für die QK MZB erreicht. Eine Verschlechterung des ökologischen Zustands bezüglich der QK MZB im Sinne der WRRL (Klassenabfall) konnte infolge der Einleitung durch KW 1 nicht festgestellt werden.

8 Untersuchung der biologischen QK Makrophyten und Phytobenthos

8.1 Methodik und Probenahme

Die Kartierung der Makrophyten und die Beprobung der benthischen Diatomeen und des übrigen Phytobenthos erfolgte nach der „PHYLIB-Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie“ (Makrophyten und Phytobenthos, Stand Januar 2012, LfU 2012a) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (Abb. 20). Die Probenahmen wurden am 05.08.2019 durchgeführt.

Zur Ermittlung der Makrophytenbestände wurde folgende Schätzskala nach Kohler (1978) verwendet (Tab. 19). Die Wuchsformen wurden mit „S“ für „submers“ (untergetaucht), „Em“ für „emers“ (über die Wasseroberfläche hinauswachsend) oder mit „F-SB“ (auf der Wasseroberfläche aufschwimmend) angegeben.

Tab. 19: Schätzskala zur Häufigkeit der Makrophytenbestände nach Kohler (1978)

Pflanzenmenge	Häufigkeit	Beschreibung
1	sehr selten / vereinzelt	in der Regel Zufallsfund
2	selten	locker im Abschnitt verteilt, muss aktiv gesucht werden
3	verbreitet	tritt regelmäßig auf und wird ohne längere Suche gefunden
4	häufig	„überall“, aber ohne geschlossene Deckung, mit großen Lücken
5	sehr häufig / massenhaft	> 50 % Deckung, dominiert den Abschnitt

Zur Analyse des Phytobenthos ohne Diatomeen wurden alle makroskopisch sichtbaren Aufwüchse photographisch dokumentiert und der Deckungsgrad des Belages nach der Skala gemäß Schaumburg et al. (2012a) abgeschätzt (Tab. 20). Im Anschluss daran wurde jeweils eine ausreichende Probenmenge abgeschabt und das gewonnene Material zur Weiterverarbeitung im Labor mit Formaldehyd (5 %) fixiert. Zur Gewinnung von Diatomeen-Material wurden Hartsubstrate aus dauerhaft überfluteten Bereichen abgebürstet sowie Beläge auf sandigem Substrat abgenommen und das gewonnene Material in entsprechende Probengefäße überführt und in Ethanol (70 %) konserviert. Die Aufbereitung der Diatomeenproben fand gemäß der PHYLIB-Verfahrensanleitung (Schaumburg et al. 2012a) durch das Kochen mit Salzsäure und konzentrierter Schwefelsäure sowie der Verwendung von Kaliumnitrat als Oxidationsmittel statt.

Tab. 20: Schätzskala zur Häufigkeit von Phytobenthosaufwuchs nach Schaumburg et al. (2012a)

Algenmenge	Häufigkeit	Beschreibung
1	mikroskopisch selten	nicht im Freiland zu vergeben
2	mikroskopisch häufig	nicht im Freiland zu vergeben
3	makroskopisch selten	Einzelfund bis 5 % Deckungsgrad / mikroskopisch massenhaft
4	makroskopisch häufig	Deckungsgrad 5-33 %
5	makroskopisch massenhaft	Deckungsgrad > 33 %

Die Bewertungen wurden nach der EG-WRRL mit der aktuellsten Version der PHYLIB Software (Version 5.3) durchgeführt. Auf der Basis der vorgefundenen Makrophyten- und Phytobenthosbesiedlung erfolgte für jede Messstelle die Berechnung einer ökologischen Zustandsklasse (dezimal nach dem 5-stufigen System der WRRL), welche den Grad der Abweichung vom Referenzzustand widerspiegelt. Den Referenzzustand stellt der entsprechende Makrophyten-, Diatomeen- bzw. Phytobenthostyp dar, welcher auf Basis der biozönotisch begründeten Fließgewässertypen Deutschlands den Probestellen zugewiesen wird.

Die Pegnitz wird an beiden Messstellen dem Makrophyten-Typ der karbonatisch-rhithral geprägten Fließgewässer der Mittelgebirge, Voralpen und Alpen (MRK) zugeordnet. Der Diatomeen-Typ entspricht dem Typ D 10.1 (große Flüsse mit EZG > 1000 km²) und der Phytobenthos-Typ dem Typ PB 6 (Karbonatische, mittelgroße bis große Fließgewässer des Mittelgebirges) nach Schaumburg (2005). Die Trophie des LAWA-Typs 9.2 liegt im Bereich der Meso- bis Eutrophie oder besser.

Die nachfolgende Tab. 21 gibt einen Überblick über die Bewertungskategorien der Makrophyten- und Phytobenthosarten ohne Diatomeen.

Tab. 21: Kurzdefinitionen der Bewertungskategorien für die Teilmodule Makrophyten und Phytobenthos ohne Diatomeen (aus Schaumburg et al. 2012b)

Kategorie	Makrophyten	Phytobenthos ohne Diatomeen
A	Arten, die an Referenzstellen dominieren	sensible Arten, charakteristisch für den jeweiligen FG-typ
B	Taxa mit weiter ökologischer Amplitude sowie solche mit Schwerpunkt im mittleren Belastungsbereich	weniger sensible Arten, Vorkommen nicht so eng begrenzt wie unter A
C	Störzeiger mit einem deutlichen Verbreitungsschwerpunkt an degradierten Standorten, höchstens vereinzelt an den Referenzstellen	Störzeiger: Eutrophierung bzw. einen mäßigen bis unbefriedigenden Zustand anzeigend
D	-	Störzeiger: starke Eutrophierung, unbefriedigenden bis schlechten Zustand anzeigend

Die Kartierung der Makrophyten und die Probennahmen des Phytobenthos inklusive der Diatomeen erfolgten durch die ÖKON GmbH. Die Moose wurden von Herrn Dr. Müller (TU Dresden) bestimmt. Die Analyse der benthischen Diatomeen erfolgte durch Frau Dr. Voigt. Die Bestimmung des Phytobenthos ohne Diatomeen sowie die allgemeine Auswertung und Interpretation erfolgte durch die IDUS GmbH. Die Feldprotokolle können Anhang X.3 entnommen werden.

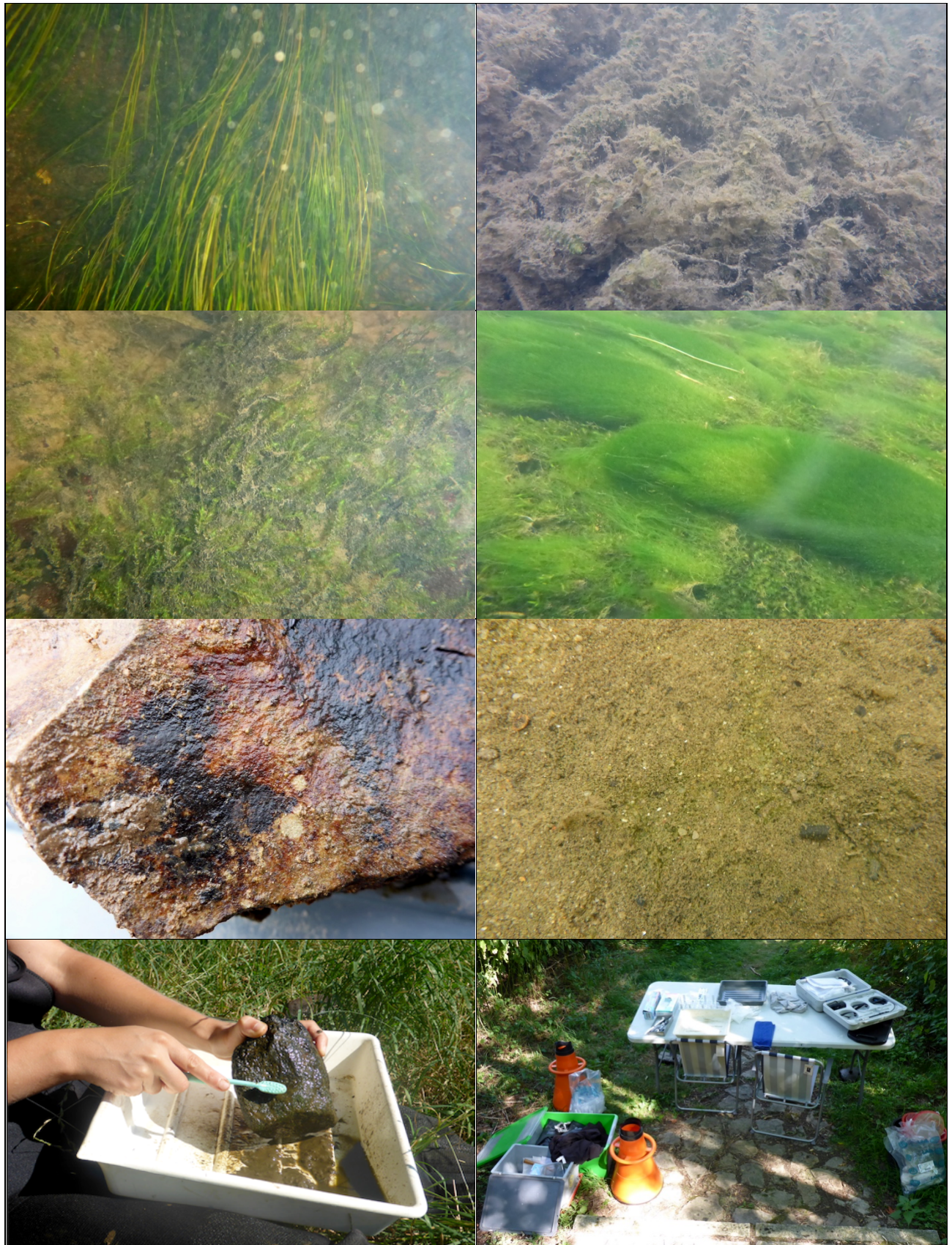


Abb. 20: Probenahmemethodik: Kartierung der Wasserpflanzenbestände, *Ranunculus fluitans*, *Elodea canadensis* (oben links bzw. rechts) und der Wassermoose (2. Reihe links) sowie der Phyto­benthosbestände, fädige Algen (2. Reihe rechts), braune Aufwuchsalgen auf Stein und Grünalgen auf Sand (3. Reihe links bzw. rechts). Methodik zur Diatomeengewinnung durch Abbürsten von Hartsubstraten (unten links) und Übersicht der Beprobungsutensilien (unten rechts).

8.2 Ergebnisse der biologischen QK Makrophyten und Phytobenthos

8.2.1 Taxalisten und Charakterisierung der Makrophyten- und Phytobenthosbesiedlung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der QK Makrophyten und Phytobenthos zunächst je Probe-
stelle und anschließend zusammenfassend (Kapitel 8.2.2) dargestellt. Die detaillierten Analysepro-
tokolle finden sich in Anhang VIII.

Probestelle PS 1

Die untersuchte Fließgewässerstrecke bei PS1 war besonnt und das Sohlensubstrat von Sand
dominiert. Der Uferbewuchs bestand hauptsächlich aus Krautflur und Hochstauden sowie Auenge-
hölzen.

Die Gesamtdeckung der **Makrophyten** lag bei 10%. Störanzeiger und unempfindliche Referenzar-
ten kamen gleichermaßen vor (Co-Dominanz) (Tab. 22). Die beiden Arten *Potamogeton crispus*
und *Potamogeton pectinatus* haben ihren Verbreitungsschwerpunkt im eu- bis hypertrophen Be-
reich, weshalb sie für den Makrophyten-Typ MRK als Störanzeiger eingestuft wurden.

Der Referenzindex lag mit -63,636 im Bereich einer „unbefriedigenden“ ökologischen Zustands-
klasse (ÖZK 4).

Tab. 22: Artenzusammensetzung der Makrophyten an PS 1

Taxon	Wuchsform	Pflanzenmenge (Kohler)	Einstufung WRRL
<i>Myriophyllum spicatum</i>	S	2	B
<i>Potamogeton crispus</i>	S	1	C
<i>Potamogeton pectinatus</i>	S	3	C
<i>Platyhyponidium riparioides</i>	S	2	B

Die Biozönose der **benthischen Diatomeen** wurde an der Messstelle PS 1 deutlich durch *Hippo-
donta capitata* (13 %) dominiert (Tab. 23). Diese Art ist nach Hofmann et al. (2013) unabhängig
von der Ökoregion saprobietolerant bis in den mäßig bis stark verschmutzten Bereich und besitzt
ihren Schwerpunkt in eutrophen bis polytrophen Gewässern. Die häufigsten Begleitarten waren die
typspezifische und ubiquistische *Amphora pediculus* (9 %) sowie die tolerante und weit verbreitete
Navicula gregaria (8 %).

Der Trophieindex lag mit 3,016 im deutlich eutrophen Bereich und verwies auf eine „mäßige“ öko-
logische Zustandsklasse (ÖZK 3). Der Anteil der Referenzarten war mit ca. 24 % sehr gering und
auf einem „unbefriedigenden“ Niveau. Der Diatomeenindex von 0,245 ergab an der Messstelle PS
1 eine „mäßige ökologische Zustandsklasse“ (ÖZK 3), die im Grenzbereich zur „unbefriedigenden
ökologischen Zustandsklasse“ lag.

Tab. 23: Artzusammensetzung der benthischen Diatomeen an PS 1

Taxon	rel. Häufigk. [%]	Taxon	rel. Häufigk. [%]
<i>Hippodonta capitata</i>	12,61	<i>Karayevia ploenensis</i>	0,86
<i>Amphora pediculus</i>	9,19	<i>Fallacia lenzii</i>	0,64
<i>Navicula gregaria</i>	7,69	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	0,64
<i>Eolimna minima</i>	5,13	<i>Mayamaea atomus var. perinitis</i>	0,64
<i>Planothidium rostratum</i>	4,49	<i>Planothidium frequentissimum var. frequentissimum</i>	0,64
<i>Navicula antonii</i>	4,27	<i>Cocconeis pediculus</i>	0,43
<i>Karayevia clevei</i>	4,06	<i>Cymatopleura solea var. solea</i>	0,43
<i>Navicula cryptotenella</i>	3,85	<i>Fragilaria martyi</i>	0,43
<i>Fragilaria construens f. construens</i>	2,99	<i>Fragilaria pinnata var. pinnata</i>	0,43
<i>Planothidium granum</i>	2,99	<i>Geissleria decussis</i>	0,43
<i>Pennales</i>	2,56	<i>Gomphonema minutum</i>	0,43
<i>Melosira varians</i>	1,92	<i>Gomphonema olivaceum var. olivaceum</i>	0,43
<i>Achnanthydium eutrophilum</i>	1,71	<i>Gomphonema parvulum var. parvulum f. parvulum</i>	0,43
<i>Nitzschia dissipata ssp. dissipata</i>	1,71	<i>Navicula reichardtiana</i>	0,43
<i>Nitzschia palea var. palea</i>	1,71	<i>Nitzschia paleacea</i>	0,43
<i>Nitzschia sociabilis</i>	1,71	<i>Nitzschia pusilla</i>	0,43
<i>Amphora copulata</i>	1,50	<i>Nitzschia recta var. recta</i>	0,43
<i>Gyrosigma sciotoense</i>	1,50	<i>Surirella brebissonii var. brebissonii</i>	0,43
<i>Nitzschia fonticola var. fonticola</i>	1,50	<i>Amphora ovalis</i>	0,21
<i>Nitzschia supralitorea</i>	1,50	<i>Caloneis lancettula</i>	0,21
<i>Planothidium minutissimum</i>	1,50	<i>Cocconeis placentula var. lineata</i>	0,21
<i>Sellaphora seminulum</i>	1,50	<i>Fragilaria construens f. venter</i>	0,21
<i>Achnanthydium minutissimum var. minutissimum</i>	1,28	<i>Meridion circulare var. circulare</i>	0,21
<i>Cocconeis placentula var. euglypta</i>	1,28	<i>Navicula amphiceropsis</i>	0,21
<i>Cocconeis placentula var. placentula</i>	1,28	<i>Navicula rostellata</i>	0,21
<i>Navicula tripunctata</i>	1,28	<i>Nitzschia abbreviata</i>	0,21
<i>Planothidium delicatulum</i>	1,28	<i>Nitzschia amphibia</i>	0,21
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	1,28	<i>Nitzschia vermicularis</i>	0,21
<i>Nitzschia fossilis</i>	1,07	<i>Parlibellus protractoides</i>	0,21
<i>Simonsenia delognei</i>	1,07	<i>Reimeria sinuata</i>	0,21
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	0,86	<i>Sellaphora pupula var. pupula</i>	0,21

Das **Phytobenthos ohne Diatomeen** wurde an der Probestelle PS 1 von unempfindlichen Referenzarten dominiert. Störanzeiger waren jedoch ebenfalls häufig vertreten (Tab. 24). Sensible Re-

ferenzarten fehlten. Besonders die häufigen Vorkommen der Fadenalge *Oedogonium* weisen auf eine deutliche trophische und/oder saprobielle Belastung hin.

Der Bewertungsindex bewegte sich mit 13,38 und einem umgerechneten Index von 0,567 im Bereich einer „mäßigen“ ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 3).

Tab. 24: Artenzusammensetzung des Phyto­benthos ohne Diatomeen an PS 1

Taxon	Klasse	Häufigkeitsklasse	Einstufung nach WRRL
<i>Cladophora glomerata</i>	Ulvophyceae	4	B
Chantransia - Stadien	Florideophyceae	3	C
Chroococcales	Nostocophyceae	1	-
Chaetophorales	Chlorophyceae	1	-
<i>Spirogyra</i>	Charophyceae	4	B
<i>Oedogonium</i>	Chlorophyceae	4	C
<i>Phormidium incrustatum</i>	Nostocophyceae	3	B
<i>Homoeothrix varians</i>	Nostocophyceae	2	B
<i>Lyngbya</i>	Nostocophyceae	1	-
<i>Anabaena</i>	Nostocophyceae	3	-
<i>Phormidium</i>	Nostocophyceae	1	-
<i>Closterium moniliferum</i>	Charophyceae	1	C

Probestelle PS 2

Die Probestelle PS 2 unterhalb der Kläranlageneinleitung KW 2 lag ebenfalls sonnig. Das Ufer war in erster Linie mit Krautflur und Hochstauden sowie Auengehölzen bewachsen. Das Sohlensubstrat wurde durch Sand dominiert.

Die Gesamtdeckung der Makrophyten erreichte 25 %. Als sensible Referenzart konnte das Moos *Fontinalis antipyretica* nachgewiesen werden (Tab. 25). Die häufig vorkommende Art *Elodea canadensis* ist ein sehr konkurrenzstarker Neophyt, dessen häufige Vorkommen nicht dem Leitbild der karbonatisch-rhithral geprägten Fließgewässern der Mittelgebirge und Alpen bzw. Voralpen entsprechen. Der Referenzindex lag mit -55,652 im Bereich einer „unbefriedigenden“ ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 4).

Tab. 25: Artenzusammensetzung der Makrophyten an PS 2

Taxon	Wuchsform	Pflanzenmenge (Kohler)	Einstufung WRRL
<i>Myriophyllum spicatum</i>	S	2	B
<i>Potamogeton pectinatus</i>	S	2	C
<i>Ranunculus fluitans</i>	S	3	B
<i>Elodea canadensis</i>	S	4	C
<i>Fontinalis antipyretica</i>	S	2	A

Die **benthische Diatomeenbiozönose** wurde an PS 2 uh. der Kläranlageneinleitung KW 2 durch die weit verbreitete, trophietolerante und typspezifische *Amphora pediculus* (21 %) dominiert (Tab. 26).

Der Trophieindex von 2,94 lag in einem eutrophen Bereich (eu1) und damit im Bereich einer „mäßigen“ ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 3). Der Anteil der Referenzarten war mit ca. 44 % ebenfalls auf einem „mäßigen“ Niveau (ÖZK 3). Der Diatomeenindex ergab mit einem Wert von 0,355 eine „mäßige“ ökologische Zustandsklasse.

Tab. 26: Artenzusammensetzung der benthischen Diatomeen an PS 2

Taxon	rel. Häufigk. [%]	Taxon	rel. Häufigk. [%]
<i>Amphora pediculus</i>	21,38	<i>Sellaphora pupula</i> var. <i>pupula</i>	0,56
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	5,76	<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>brebissonii</i>	0,56
<i>Navicula gregaria</i>	5,58	<i>Encyonema silesiacum</i>	0,37
<i>Melosira varians</i>	5,02	<i>Geissleria decussis</i>	0,37
<i>Navicula cryptotenella</i>	4,65	<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>olivaceum</i>	0,37
<i>Amphora copulata</i>	3,53	<i>Nitzschia constricta</i>	0,37
<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i>	2,97	<i>Nitzschia palea</i> var. <i>palea</i>	0,37
<i>Eolimna minima</i>	2,97	<i>Achnanthydium saprophilum</i>	0,19
<i>Karayevia ploenensis</i>	2,97	<i>Amphora inariensis</i>	0,19
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	2,97	<i>Caloneis lancettula</i>	0,19
<i>Navicula antonii</i>	2,60	<i>Cymatopleura elliptica</i>	0,19
<i>Karayevia clevei</i>	2,23	<i>Diatoma vulgare</i>	0,19
<i>Planothidium delicatulum</i>	2,05	<i>Eolimna subminuscula</i>	0,19
<i>Planothidium rostratum</i>	2,05	<i>Eolimna utermoehlii</i>	0,19
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	1,67	<i>Fallacia lenzii</i>	0,19
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	1,67	<i>Fallacia subhamulata</i>	0,19
<i>Navicula capitatoradiata</i>	1,67	<i>Fragilaria construens</i> f. <i>venter</i>	0,19
<i>Navicula tripunctata</i>	1,49	<i>Fragilaria martyi</i>	0,19
<i>Nitzschia dissipata</i> ssp. <i>dissipata</i>	1,49	<i>Fragilaria parasitica</i> var. <i>parasitica</i>	0,19
<i>Pennales</i>	1,49	<i>Fragilaria parasitica</i> var. <i>subconstricta</i>	0,19
<i>Nitzschia amphibia</i>	1,30	<i>Gomphonema elegantissimum</i>	0,19
<i>Nitzschia fonticola</i> var. <i>fonticola</i>	1,12	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	0,19
<i>Nitzschia paleacea</i>	1,12	<i>Gyrosigma attenuatum</i>	0,19
<i>Planothidium minutissimum</i>	1,12	<i>Gyrosigma sciotoense</i>	0,19
<i>Sellaphora seminulum</i>	1,12	<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i>	0,19
<i>Gomphonema minutum</i>	0,93	<i>Navicula cari</i>	0,19
<i>Nitzschia sociabilis</i>	0,93	<i>Navicula germainii</i>	0,19

Taxon	rel. Häufigk. [%]	Taxon	rel. Häufigk. [%]
<i>Cocconeis pediculus</i>	0,74	<i>Navicula lanceolata</i>	0,19
<i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i>	0,74	<i>Navicula reichardtiana</i>	0,19
<i>Hippodonta capitata</i>	0,74	<i>Nitzschia abbreviata</i>	0,19
<i>Nitzschia fossilis</i>	0,74	<i>Nitzschia pusilla</i>	0,19
<i>Achnanthydium eutrophilum</i>	0,56	<i>Nitzschia recta</i> var. <i>recta</i>	0,19
<i>Amphora ovalis</i>	0,56	<i>Nitzschia salinarum</i>	0,19
<i>Cocconeis pseudolineata</i>	0,56	<i>Nitzschia supralitorea</i>	0,19
<i>Parlibellus protractoides</i>	0,56	<i>Nitzschia vermicularis</i>	0,19
<i>Planothidium dubium</i>	0,56	<i>Simonsenia delognei</i>	0,19
<i>Planothidium frequentissimum</i> var. <i>frequentissimum</i>	0,56	<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i>	0,19
<i>Planothidium granum</i>	0,56	<i>Tabularia fasciculata</i>	0,19
<i>Reimeria sinuata</i>	0,56		

Das **Phytobenthos ohne Diatomeen** wurde an PS 2 deutlich von Störanzeigern geprägt (Tab. 27). Unempfindliche Referenzarten kamen mit *Cladophora glomerata* häufig vor. Sensible Referenzarten fehlten. Insgesamt lies die Besiedlung der Pegnitz direkt unterhalb der Kläranlageneinleitung KW 2 eine deutliche trophische und/oder saprobielle Belastung erkennen. Die Artenzusammensetzung zeigte eine deutliche Abweichung zum Referenzzustand.

Der Bewertungsindex bewegte sich mit 14,407 und einem umgerechneten Index von 0,572 im Bereich einer mäßigen ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 3).

Tab. 27: Artenzusammensetzung des Phytobenthos ohne Diatomeen an PS 2

Taxon	Klasse	Häufigkeitsklasse	Einstufung nach WRRL
<i>Euglena</i>	Euglenophyceae	1	-
<i>Euglena texta</i>	Euglenophyceae	1	C
Chantransia - Stadien	Florideophyceae	1	C
<i>Closterium acerosum</i>	Charophyceae	1	C
<i>Chamaesiphon polymorphus</i>	Nostocophyceae	1	C
<i>Closterium moniliferum</i>	Charophyceae	1	C
<i>Spirogyra</i>	Charophyceae	3	B
<i>Phormidium incrustatum</i>	Euglenophyceae	3	B
<i>Oedogonium</i>	Chlorophyceae	4	C
<i>Homoeothrix varians</i>	Nostocophyceae	2	B
<i>Phormidium</i>	Nostocophyceae	1	-
<i>Cladophora glomerata</i>	Ulvophyceae	4	B

Probestelle PS 3

Die Fließgewässerstrecke PS 3 lag im Halbschatten und war durch eine massive Blockschüttung geprägt. Der Uferbewuchs setzte sich aus Krautflur und Hochstauden sowie Auengehölzen zusammen.

Die Gesamtdeckung der Makrophyten erreichte an dieser Probestelle nur 5 %. Der Bestand setzte sich ausschließlich aus Moosen zusammen (Tab. 28). Es wurden *Fontinalis antipyretica* als sensible Referenzart und *Fissidens crassipes* als unempfindliche Referenzart nachgewiesen. Die Bewertung dieser Teilkomponente ergab dementsprechend mit einem Referenzindex von 77,143 eine „sehr gute“ ökologische Zustandsklasse. Diese Bewertung erscheint aufgrund des Gesamteindrucks der Messstelle aus gutachterlicher Sicht deutlich zu gut. Die ausschließlichen Vorkommen der Moose bzw. das Fehlen anderer Arten entsprechen nicht dem Leitbild und wurden sicher durch die massive Sohlsicherung mittels Blockschüttung begünstigt. Es wird empfohlen die Bewertung der Makrophyten in der Gesamtbewertung dieser Probestelle nicht zu berücksichtigen.

Tab. 28: Artenzusammensetzung der Makrophyten an PS 3

Taxon	Wuchsform	Pflanzenmenge (Kohler)	Einstufung WRRL
<i>Fissidens crassipes</i>	S	2	B
<i>Fontinalis antipyretica</i>	S	3	A

Die Biozönose der **benthischen Diatomeen** wurde bei PS 3 durch die weit verbreitete, typspezifische und trophietolerante *Amphora pediculus* (12 %) dominiert (Tab. 29). Die häufigste Begleitart war die trophietolerante *Cocconeis placentula var. euglypta* (7 %).

Der Trophieindex lag mit 2,924 in einem eutrophen Bereich und verwies auf eine „mäßige“ ökologische Zustandsklasse (ÖZK 3). Der Anteil der Referenzarten war mit ca. 36 % ebenfalls auf einem „mäßigen“ Niveau. Der Diatomeenindex von 0,316 ergab bei PS 3 eine „mäßige“ ökologische Zustandsklasse (ÖZK 3).

Tab. 29: Artenzusammensetzung der benthischen Diatomeen an PS 3

Taxon	rel. Häufigk. [%]	Taxon	rel. Häufigk. [%]
<i>Amphora pediculus</i>	12,08	<i>Planothidium minutissimum</i>	0,85
<i>Cocconeis placentula var. euglypta</i>	7,20	<i>Cocconeis pediculus</i>	0,64
<i>Karayevia clevei</i>	4,87	<i>Fallacia lenzii</i>	0,64
<i>Navicula antonii</i>	4,66	<i>Fallacia subhamulata</i>	0,64
<i>Navicula gregaria</i>	4,66	<i>Geissleria decussis</i>	0,64
<i>Melosira varians</i>	4,45	<i>Gomphonema parvulum var. parvulum f. parvulum</i>	0,64
<i>Gyrosigma sciotoense</i>	3,81	<i>Gomphonema parvulum var. parvulum f. saprophilum</i>	0,64
<i>Amphora copulata</i>	3,39	<i>Nitzschia heufleriana</i>	0,64
<i>Cocconeis placentula var. placentula</i>	3,39	<i>Nitzschia supralitorea</i>	0,64

Taxon	rel. Häufigk. [%]	Taxon	rel. Häufigk. [%]
<i>Navicula cryptotenella</i>	3,18	<i>Suriella brebissonii</i> var. <i>brebissonii</i>	0,64
<i>Karayevia ploenensis</i>	2,97	<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i>	0,42
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>palea</i>	2,33	<i>Amphora inariensis</i>	0,42
<i>Planothidium rostratum</i>	2,33	<i>Amphora ovalis</i>	0,42
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	2,12	<i>Hippodonta neglecta</i>	0,42
<i>Navicula tripunctata</i>	2,12	<i>Navicula capitatoradiata</i>	0,42
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	2,12	<i>Nitzschia abbreviata</i>	0,42
<i>Nitzschia recta</i> var. <i>recta</i>	1,70	<i>Nitzschia amphibia</i>	0,42
<i>Nitzschia sociabilis</i>	1,70	<i>Nitzschia pusilla</i>	0,42
<i>Cocconeis pseudolineata</i>	1,27	<i>Planothidium delicatulum</i>	0,42
<i>Fragilaria construens</i> f. <i>venter</i>	1,27	<i>Sellaphora seminulum</i>	0,42
<i>Planothidium frequentissimum</i> var. <i>frequentissimum</i>	1,27	<i>Cymatopleura elliptica</i>	0,21
<i>Eolimna minima</i>	1,06	<i>Eolimna subminuscula</i>	0,21
<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>olivaceum</i>	1,06	<i>Fallacia monoculata</i>	0,21
<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i>	1,06	<i>Hippodonta capitata</i>	0,21
<i>Nitzschia paleacea</i>	1,06	<i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>cryptocephala</i>	0,21
Pennales	1,06	<i>Nitzschia beyeri</i>	0,21
<i>Simonsenia delognei</i>	1,06	<i>Nitzschia constricta</i>	0,21
<i>Achnanthydium eutrophilum</i>	0,85	<i>Nitzschia dissipata</i> ssp. <i>dissipata</i>	0,21
<i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>pinnata</i>	0,85	<i>Nitzschia fonticola</i> var. <i>fonticola</i>	0,21
<i>Gomphonema minutum</i>	0,85	<i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>inconspicua</i>	0,21
<i>Luticola goeppertiana</i>	0,85	<i>Nitzschia microcephala</i>	0,21
<i>Navicula lanceolata</i>	0,85	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	0,21
<i>Navicula reichardtiana</i>	0,85	<i>Parlibellus protractoides</i>	0,21
<i>Planothidium dubium</i>	0,85	<i>Placoneis pseudanglica</i>	0,21
<i>Planothidium granum</i>	0,85	<i>Reimeria sinuata</i>	0,21

Das **Phytobenthos ohne Diatomeen** zeigte bei PS 3 häufige Vorkommen von Fadenalgen (Tab. 30). Es dominierten unempfindliche Referenzarten. Störanzeiger waren jedoch ebenfalls öfter vertreten. Sensible Referenzarten fehlten. Insgesamt verwies die Besiedlung des Phytobenthos ohne Diatomeen auf eine Nährstoffbelastung und/oder saprobielle Belastung im Gewässer. Die Artensammensetzung zeigte eine deutliche Abweichung zum Referenzzustand. Der Bewertungsindex bewegte sich mit 4,545 und einem umgerechneten Index von 0,523 im Bereich einer „mäßigen“ ökologischen Zustandsklasse (ÖZK 3) und stimmte damit mit der Bewertung der benthischen Diatomeen an dieser Messstelle überein.

Tab. 30: Artzusammensetzung des Phytobenthos ohne Diatomeen an PS 3

Taxon	Klasse	Häufigkeitsklasse	Einstufung nach WRRL
<i>Phormidium</i>	Nostocophyceae	1	-
<i>Oedogonium</i>	Chlorophyceae	3	C
<i>Cladophora glomerata</i>	Ulvophyceae	4	B
<i>Rhizoclonium cf. hieroglyphicum</i>	Ulvophyceae	4	B
<i>Euglena</i>	Euglenophyceae	1	-
<i>Homoeothrix varians</i>	Nostocophyceae	1	B
<i>Chantransia</i> - Stadien	Florideophyceae	1	C
<i>Stigeoclonium</i>	Chlorophyceae	2	D
<i>Pleurocapsa minor</i>	Nostocophyceae	2	C
<i>Hildenbrandia rivularis</i>	Florideophyceae	3	B
<i>Chaetophorales</i>	Chlorophyceae	2	-
<i>Chroococcales</i>	Nostocophyceae	1	-

8.2.2 Bewertung der QK Makrophyten und Phytobenthos nach WRRL

Die Pegnitz wies an allen untersuchten Messstellen und anhand aller Teilkomponenten der QK Makrophyten & Phytobenthos eine erhöhte Belastung mit Nährstoffen auf (Tab. 31):

Die Teilkomponente **Makrophyten** wurde an den beiden Probestellen, PS 1 und PS 2, mit einer „unbefriedigenden ökologischen Zustandsklasse“ (ÖZK 4) bewertet. Dabei verwies die Artzusammensetzung auf erhöhte Nährstoffgehalte im Gewässer. Bei Probestelle 3 kamen lediglich zwei Moosarten vor. Da diese beiden Taxa den Referenzarten des Makrophytentyps MRK zugeordnet sind, lag die Bewertung im Bereich einer „sehr guten“ ökologischen Zustandsklasse. Dieses Ergebnis scheint jedoch aus gutachterlicher Sicht unplausibel. Vermutlich wurde die Makrophytenbesiedlung durch die Sohlsicherung mit einer massiven Blockschüttung beeinflusst. Dem Leitbild entsprechend kommen Moose in eher geringen Anteilen vor. Aus Gründen der Vergleichbarkeit werden die Makrophyten bei PS 3 nicht in die Gesamtbewertung einbezogen.

Die Besiedlung der **benthischen Diatomeen** ließ an allen drei Probestellen eine trophische Belastung erkennen. Bei PS 2 und PS 3 dominierte die typspezifische und tolerante Art *Amphora pediculus*. An der Untersuchungsstelle PS 1 bildete dieses Taxon nur die häufigste Begleitart. Die dominante Vorkommen der Art *Hippodonta capitata* deutete an dieser Messstelle ebenfalls auf erhöhte Nährstoffgehalte im Gewässer hin. An allen drei Probestellen lag der Trophieindex in einem deutlich eutrophen und damit in einem „mäßigen“ Bereich. Der trophische Zustand der Referenzgewässer wird mit meso- bis leicht eutroph und besser angegeben (Pottgießer 2018). Der Anteil der Referenzarten war bei PS 1 in einem „unbefriedigenden“, bei PS 2 und PS 3 in einem „mäßigen“ Bereich. Die ökologische Zustandsklasse ergab an allen drei Probestellen für diese Teilkomponente eine „mäßige“ ökologische Zustandsklasse (ÖZK 3).

Hinsichtlich der Teilkomponente **Phytobenthos ohne Diatomeen** ergab sich ebenfalls an allen drei Probestellen eine „mäßige“ ökologische Zustandsklasse (ÖZK 3). Die Artzusammensetzung

zeigte jeweils deutliche Abweichungen vom Referenzzustand und deutete auf eine trophische und/oder saprobielle Belastung hin.

Insgesamt wies bereits die oberhalb der beiden Kläranlageneinleitungen (KW 1 und KW 2) gelegene PS 1 eine deutliche Vorbelastung mit Nährstoffen auf. Die **Gesamtbewertung** der biologischen **Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos** lag hier im Bereich einer „mäßigen ökologischen Zustandsklasse“ (ÖZK 3). Sowohl an der Probestelle PS 2 (uh. Einleitung KW 2) als auch bei PS 3 (uh. Einleitung KW 1 und KW 2) lag die Gesamtbewertung auf einem vergleichbaren Niveau und indizierte eine „mäßige ökologische Zustandsklasse“.

Eine weitere Verschlechterung der ökologischen Zustandsklasse der QK Makrophyten und Phytobenthos durch die Einleitungen von KW 1 (bzw. KW 2) konnte somit nicht nachgewiesen werden.

Tab. 31: Bewertungsergebnisse der QK Makrophyten & Phytobenthos inkl. Diatomeen sowie Gesamtergebnis nach WRRL.

Probestelle	Makrophyten		Diatomeen		Phytobenthos		Gesamt		
	M-Index	ÖZK	D-Index	ÖZK	PoD-Index	ÖZK	M&P _{FG}	dezimal	ÖZK
PS 1	0,182	4	0,245	3	0,567	3	0,331	3,30	3
PS 2	0,222	4	0,355	3	0,572	3	0,383	3,06	3
PS 3	0,886	1	0,316	3	0,523	3	0,419	2,95	3

Abkürzungen:

M-Index = Makrophyten-Index; D-Index = Diatomeen-Index; PoD-Index = Phytobenthos ohne Diatomeen-Index; M&P_{FG} = Makrophyten-Phytobenthos-Index für Fließgewässer; ÖZK = Ökologische Zustandsklasse

8.3 Diskussion der Ergebnisse der QK Makrophyten und Phytobenthos

Im Rahmen der Erhebung der QK Makrophyten und Phytobenthos inkl. Diatomeen vom 05.08.2019 zeigte sich im Untersuchungsgebiet an allen Probestellen eine kritisch erhöhte Belastung mit Nährstoffen, was sich in einer „mäßigen ökologischen Zustandsklasse“ (Gesamtergebnis) äußerte. Damit liegt bereits oberhalb der Einleitungen durch KW 1 und KW 2 eine Vorbelastung in der Pegnitz vor, die der Einhaltung der Zielvorgaben der WRRL entgegensteht. Es kann konstatiert werden, dass durch die Einleitungen von KW 1 (bzw. KW 2) derzeit nach WRRL keine weitere Verschlechterung hinsichtlich der QK Makrophyten & Phytobenthos im Untersuchungsgebiet gemessen werden konnte.

Anhand der vorliegenden Daten dieser QK kann jedoch keine Aussage dazu getroffen werden, ob die derzeitige Einleitsituation dem Verbesserungsgebot und damit der Zielerreichung nach WRRL („guter ökologischer Zustand“) zuträglich ist bzw. im Wege steht. Angesichts der wasserchemischen Ergebnisse der beiden für die Pflanzenkomponente maßgeblichen Parameter, ortho-Phosphat-P und Gesamtphosphor (beide stellen in der Regel den limitierenden Faktor für Pflanzenwachstum in Gewässern dar), scheint der Einfluss von KW 2 noch moderat zu sein. Die wasserchemischen Werte dieser beiden Parameter unterhalb der Kläranlageneinleitung liegen zumeist innerhalb der Orientierungswertvorgaben nach OGewV (2016) und liegen teils nur geringfügig höher als oberhalb der Einleitung. Auf die ganzjährige Einhaltung der Orientierungswerte im Gewässer infolge der Einleitung von KW 2 sollte jedoch geachtet werden. Anders stellt sich die wasser-

chemische Situation unterhalb der Einleitung von KW 1 dar. Die Orientierungswerte nach OGewV (2016) werden dort u. a. hinsichtlich der Parameter ortho-Phosphat-P bzw. Gesamtphosphor bei nahezu allen Messungen im Untersuchungszeitraum überschritten. Oftmals führen die eingeleiteten Wässer von KW 1 bei PS 3 zur Verdopplung der Ausgangswerte von PS 2, bisweilen sogar zur Verdreifachung (s. Kapitel 6.2.2).

Die QK Makrophyten & Phytobenthos wird bereits im Oberlauf der Pegnitz und nahezu im gesamten Flussverlauf lediglich mit „mäßig“ bewertet, woraus sich ein generelles Defizit dieser Komponente ergibt, deren Ursachen - zumindest angesichts der weitgehend akzeptablen wasserchemischen Werte (Gesamtphosphor, ortho-Phosphat-P) im Untersuchungsgebiet bis PS 2 - möglicherweise in diskontinuierlichen Einträgen, z.B. diffuse Abspülungen aus landwirtschaftlichen Flächen (z. B. bei Starkregen) oder Einträgen aus Mischwasserentlastungsanlagen (s. Kapitel 6.6) liegen könnten. Denkbar wären auch Schwächen der Bewertungssoftware. Im Gegensatz zur Gewässergütebestimmung (Saprobie) anhand des Makrozoobenthos, die in Bayern bereits seit Ende der 80er Jahre durchgeführt wird und damit eine lange Tradition hat, handelt es sich bei der ökologischen Einstufung der QK Makrophyten und Phytobenthos um ein relativ neuartiges Erhebungs- und Bewertungsverfahren.

Mit Einleitung von KW 1 ergeben sich in der Pegnitz deutliche Konzentrationszunahmen u. a. von Gesamtphosphor und ortho-Phosphat-P, die bei PS 3 auf einem Niveau liegen, die der Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ anhand der biologischen QK Makrophyten & Phytobenthos im Wege stehen dürften.

9 Untersuchung der biologischen QK Fische

Die Untersuchung der QK Fische wurde durch Herrn R. Bäuml, Neunburg v. Wald, durchgeführt. Der ausführliche Untersuchungsbericht kann Anhang I entnommen werden. Im folgenden werden die Untersuchungsbereiche, Methodik und Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

9.1 Untersuchungsbereich

Zur Vorbereitung der Befischung fand eine Besprechung mit vor-Ort-Termin mit dem AG und der Fischereifachberatung Mittelfranken statt, bei dem das Untersuchungsgebiet und die Probestellen besprochen wurden. Die Beprobung erfolgte an 4 Probestrecken. Das Untersuchungsgebiet für KW 1 erstreckte sich folglich von Anfang PS 4_F (Stadtgrenze Nürnberg-Fürth) bis Ende PS 1_F mit einer Gesamtlänge der Befischungstreifen von 2.930 m und einer Gesamtfläche von ca. 0,897 ha (Tab. 32).

Tab. 32: Daten zur Lage und Ausdehnung der Probestrecken PS 1_F bis PS 4_F

Probestrecke		Gewässer		Gauß Krüger Koordinaten				Streckenlänge m	StreckenfiBSlänge m	Gewässerbreite			Gewässertiefe			Befischungstreifen		
Nr.	für	von	bis	untere Grenze RW	HW	obere Grenze RW	HW			Min.	Max.	Mittl.	Min.	Max.	Mittl.	Länge ¹ m	Breite ² m	Fläche ³ ha
Pegnitz PS 1 (Vorbelastung)	KW 1	ca. 380 m stromab	Raue Rampe uh Nordwestring bei RÜB Südlicher Hauptsammler	4430684	5480902	4430906	5480718	380	750	6,0	25,0	18,0	0,5	1,5	0,7	850	3,0	0,255
Pegnitz PS 2 (Vorbelastung)	KW 1	ca. 300 m stromab	Sohlschwelle oh RÜB Nördlicher Hauptsammler	4429733	5481546	4429907	5481503	300	700	16,0	10,0	23,0	0,3	1,5	0,8	700	3,0	0,210
Pegnitz PS 3	KW 1	ca.300 m stromab	Raue Rampe oh SBW Adolf-Braun-Str / RÜSK Südwestlicher Hauptsammler 2 / RÜB Südlicher Entlastungssammler	4429313	5481549	4429508	5481501	300	700	9,0	30,0	17,0	0,4	1,8	1,0	700	3,0	0,210
Pegnitz PS 4	KW 1	60 m stromauf Einleitung KW 1	ca. 200 m stromab	4429031	5481678	4429300	5481566	260	720	12,0	22,0	16,0	0,2	3,0	1,2	680	3,0	0,204
Summen:								1.240	2.870							2.930	0,879	
PS 1+2:								680	1.450							¹ = Gesamtlänge der Befischungstreifen		
PS 3+4:								560	1.420							² = mittlere Breite der Befischungstreifen		
														³ = mittlere Fläche der Befischungstreifen				

Innerhalb der Probestrecken ist auf eine anteilige Befischung der vorhandenen Habitate geachtet worden, um einen repräsentativen Querschnitt des tatsächlichen Fischinventars mit der entsprechenden Altersstruktur zu erhalten. Die untersuchte Gewässerslänge orientierte sich an den fachlichen Vorgaben, wobei im jeweiligen Gewässerabschnitt homogene Verhältnisse hinsichtlich der Ausprägung vorherrschten. Die Probestrecken wurden so gewählt, dass sie an Wanderhindernissen endeten aber nicht darüber hinweg verliefen. Es wurde jeweils entlang der beiden Ufer, sowie Streifen zwischen den Ufern befischt.

„Bei Uferbefischungen wird zur Berechnung ein hypothetischer Gewässerstreifen von 3 m Breite pro Ufer berücksichtigt.“ (Dussling, U. 2014b).

Bei der Auswahl der Probestrecken ist die Vorschädigung des zu untersuchenden Gewässerabschnitts zu berücksichtigen. Deshalb wurden die Probestellen PS 1_F und PS 2_F in die Beurteilung der Auswirkungen vor der Einleitung des KW 1 in das Gewässerkontinuum einbezogen.

9.1.1 Probestrecke PS 1_F



Abb. 21: Luftbild der Befischungsstrecke PS 1_F. Bildquelle: FIN-Web



Abb. 22: Raue Rampe am westlichen Ende von PS 1_F (Foto: R. Bäumler)

Der Abschnitt PS1_F (Abb. 21) ist gekennzeichnet durch überwiegend laminare Strömung und mittlere Strukturvielfalt. Die Ufer sind über weite Strecken mit Wasserbausteinen verbaut. Die Linienföhrung ist überwiegend gestreckt. Das Umland wird rechtsufrig von Wiesen dominiert, die intensiv als Naherholungsgebiet genutzt werden. Am linken Ufer grenzt die Bebauung an die großzügig bemessenen Uferstreifen an, die streckenweise von Gehölzen gesäumt werden. Am Anfang der Probestrecke befindet sich eine Raue Rampe (Abb. 22), die für Fische und andere aquatische Lebewesen stromauf nicht durchwanderbar ist. Insgesamt ist die Gewässerstruktur der Untersuchungsstrecke als stark verändert (Gewässerbett: deutlich verändert; Aue: vollständig verändert) einzustufen.

9.1.2 Probestrecke PS 2_F



Abb. 23: Luftbild der Befischungsstrecke PS 2_F. Bildquelle: FIN-Web

Der Abschnitt PS 2_F (Abb. 23) zeichnet sich durch heterogene bis laminare Strömung und mittlere Strukturvielfalt aus. Die Ufer sind nur teilweise mit Wasserbausteinen verbaut.

Die Linienföhrung ist gestreckt bis gewunden. Das Umland wird linksufrig von einem Sportplatz dominiert. Die Bebauung grenzt an das rechte Ufer. Die Uferstreifen sind durchgängig von Gehölzen gesäumt. Am Anfang der Probestrecke befindet sich eine Sohlgleite, die aufgrund von hydraulischer Überlastung bei erhöhten Wasserständen für Fische und andere aquatische Lebewesen nur eingeschränkt durchwanderbar ist. Insgesamt ist die Gewässerstruktur bei PS 2_F als deutlich verändert (Gewässerbett: mäßig verändert; Aue: sehr stark verändert) einzustufen.



Abb. 24 Sohlschwelle am östlichen Ende von PS 2_F (Foto: R. Bäumler)

9.1.3 Probestrecke PS 3_F



Abb. 25: Luftbild der Befischungsstrecke PS 3_F. Bildquelle: FIN-Web

Der Abschnitt PS 3_F (Abb. 25) kennzeichnet sich durch heterogene bis turbulente Strömung und mittlere Strukturvielfalt. Die Ufer sind nur im Bereich des südwestlichen Hauptsammlers 2 stark verbaut. Die Linienführung ist leicht gewunden (Abb. 26).

Das Umland ist von Wiesen und Brachen dominiert. Die Uferstreifen sind teilweise von Gehölzen gesäumt. Am Anfang der Probestrecke befindet sich eine Raue Rampe, die für Fische und andere

aquatische Lebewesen bei Niedrig- und Mittelwasser nicht durchwanderbar ist. Derzeit ist eine Surfwelle neben der Rauhen Rampe im Nebenschluss an das Hauptgewässer im Bau, die entsprechend dotiert werden muss. Am rechten Ufer verläuft ein Rad- und Fußweg. Insgesamt ist die Gewässerstruktur bei PS 3_F als stark verändert (Gewässerbett: deutlich verändert; Aue: vollständig verändert) einzustufen.



Abb. 26: PS 3_F mit leicht gewundener Linienführung, weitgehend ohne harten Uferverbau (Foto: R. Bäumlner)



Abb. 27: Raue Rampe am Ende der Probestrecke PS 3_F. Im Nebenschluss entsteht hier eine Surferwelle (Foto: R. Bäumlner)

9.1.4 Probestrecke PS 4_F



Abb. 28: Luftbild der Befischungsstrecke PS 4_F. Bildquelle: FIN-Web

Der Abschnitt PS 4_F (Abb. 28) ist gekennzeichnet durch heterogene bis turbulente Strömung und mittlerer Strukturvielfalt. Die Ufer sind teilweise mit Wasserbausteinen verbaut. Einige Totholzstämmen sind am linken Ufer verstreut. Die Linienführung ist gewunden.



Abb. 29: PS 4_F mit gut strukturiertem Uferbereich mit Totholz und Flachwasserzonen sowie heterogenem bis turbulentem Strömungsbild (Foto: R. Bäumlner)

Das Umland wird von Brachflächen, in die Büsche und Gehölze eingestreut sind, dominiert (Abb. 29). Das KW 1 befindet sich auf der linken Uferseite. Am rechten Ufer verläuft ein Rad- und Fußweg. Die Uferstreifen sind nur teilweise von Gehölzen gesäumt. Am Anfang der Probestrecke befindet sich eine Sohlgleite, die bei höheren Wasserständen stark hydraulisch überlastet wird und für schwimmschwache Fische und andere aquatische Lebewesen nur eingeschränkt durchwanderbar ist. Am Ende der Probestrecke wird eine lange Sohlgleite durch einen umgestürzten Baum begrenzt. Insgesamt ist die Gewässerstruktur bei PS 4_F als stark verändert (Gewässerbett: deutlich verändert; Aue: sehr stark verändert) einzustufen.

9.2 Methodik und Probenahme

Die Befischung erfolgte am 22.09.2019 (PS 1_F, PS 2_F, PS 3_F) und 27.09.2020 (PS 4_F) vom Boot aus, stromauf mit einem E-Gerät der Fa. EFKO, Leutkirch, Typ FEG 8000, Spannung bis 600 V und Leistung 8 kW. Es wurde eine Stangenelektrode mit einem Ringdurchmesser von 45 cm und einer Gesamtlänge von 3 m mit einer Kabellänge von 5 m verwendet. Als Kathode diente eine Schwimmkathode mit einem Cu-Band 16 mm² und 5,0 m Kabellänge. Das Untersuchungsgebiet für KW 1 erstreckte sich (flussauf) von Anfang PS 4_F bis Ende PS 1_F.

Die Befischungstermine wurden gemeinsam mit den Fischereiberechtigten und dem AG festgelegt und die Fischereifachberatung informiert. Die erforderlichen Genehmigungen für die Elektrofischerei und zum Befahren der Gewässerabschnitte wurden zuvor eingeholt sowie die Einzelmaßnahmen organisiert.

Die Arbeitsgrundlagen für die Erhebungen bildeten nachfolgende Unterlagen (modifizierte Form), die von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei ausgearbeitet wurden:

- Erhebungsbogen für Fischbestandsuntersuchungen in Bayern (Schubert 2015a)
- Erhebungsbogen für das fischereiliche Monitoring zur Umsetzung der EG-WRRL, aus Excel-Datei modifiziert (Schubert 2015b)
- fiBS-Bewertung Fischfauna, Pegnitz von Nürnberg-Kettensteg bis Zusammenfluss mit Rednitz, Referenz-Nr. 276, Probestelle: 2_F037_17655 (Schubert 2019a)

An jeder Probestrecke fand ein Befischungsdurchgang bei Abflussverhältnissen zwischen 5,05 m³/s und 5,47 m³/s (PS 1_F, PS 2_F, PS 3_F) bzw. 11,20 und 11,50 m³/s (PS 4_F) statt. Die Methode richtete sich weitgehend nach den Vorgaben der EG-WRRL. Für jede Probestrecke wurde ein Erhebungsbogen für Fischbestandsuntersuchungen, bestehend aus allgemeinen Angaben, morphologische Daten, Struktur, Umland, etc. (3 Seiten mit Fangprotokoll) erstellt. Die Ergebnisse wurden in den entsprechenden Erhebungsbogen für das fischereiliche Monitoring (Anhang: Erhebungsbogen) übertragen.

Die gefangenen Fische wurden zwischengehältet, nach Art und Individuenzahl erfasst, der entsprechenden Längensklasse zugeordnet, teilweise gewogen und in das Gewässer zurückgesetzt. Die Anzahl von 0+ der jeweiligen Art wurde im Wasser geschätzt, um die Brut nicht zu schädigen. Einzelne Individuen wurden zur näheren Bestimmung gefangen.

Die Erfassung des Fischinventars erfolgte

- in 12 Längenklassen (Angaben in cm)
<2, 2≤5, >5-10, >10-15, >15-20, >20-25, >25-30, >30-40, >40-50, >50-60, 60<70 und >70
- und 3 Altersklassen.
0+, subadult und adult
- Sonderfall Europäischer Aal (*Anguilla anguilla*, Abb. 31):

Beim Aal als katadrome Wanderfischart (Laichwanderung vom Süßwasser ins Meer) wird die Geschlechtsreife erst während der Laichwanderung in das Sargassomeer erreicht. Vorher durchlebt der Fisch eine ca. 5-15 jährige stationäre Fress- und Wachstumsperiode, die unter ungünstigen Bedingungen auch deutlich länger ausfallen kann (vgl. Piscipage - Fische, Neunaugen und Flusskrebse 2020). Im Bericht wurden daher alle nachgewiesenen Aale als Subadulti dargestellt.



Abb. 30: Vorbereitung der Befischung und Messung chemisch-physikalischer Standardparameter (Foto: R. Bäumler)

Die Auswertung nach EG-WRRL erfolgte anhand der Gewässerdaten und der Befischungsergebnisse der Probestrecken (Gesamtindividuenzahl und 0+) mit dem fischbasierten Bewertungssystem für Fließgewässer (fiBS, Version 8.1.1, Standardmethode WRRL nach Dussling 2014a). Diese Version berücksichtigt den Einsatz sogenannter Dummies. (vgl. Dussling, U. 2009a). Es wurden die Arten Äsche (*Thymallus thymallus*), Bachforelle (*Salmo trutta forma fario*), Bachneunauge (*Lampetra planeri*), Karpfen (*Cyprinus carpio*) und Schleie (*Tinca tinca*) als Dummies aufgenommen. Sie werden in den Fangstatistiken des FV Nürnberg aufgeführt und/oder seit Jahren als Besatzfische eingebracht, und/oder sind in den Nachweisen der FFB für die Elektrofischerei belegt.

Die Längen der Befischungstreifen zwischen den Ufern wurden bei der Dateneingabe zu gleichen Teilen den Ufern zugeschlagen.

Der Beitrag zur Fischfauna orientierte sich an den Vorgaben des LUBW-Leitfadens „Gewässerbezogene Anforderungen an Abwassereinleitungen“ (LUBW 2015).

Darüber hinaus wurde versucht, die Datenlage durch frühere Untersuchungen und Erhebungen aufzuwerten. Zu diesem Zweck fanden verschiedene Gespräche und Ortstermine mit dem Fischereiberechtigten, dem AG und der Fischereifachberatung statt. Recherchen in der einschlägigen Fachliteratur und im Internet rundeten das Gesamtbild ab.



Abb. 31: Subadultler Aal (Foto: R. Bäumlner).

9.3 Ergebnisse zum Fischbestand des Untersuchungsgebietes

Im Zuge der E-Befischung wurden die limnologischen Standardparameter an beiden Probestellen aufgenommen. Wie Tab. 33 entnommen werden kann, lagen die Werte an beiden Probestellen im für diese Jahreszeit typischen Bereich und entsprachen den Anforderungen an den guten ökologischen Zustand nach OGewV (2016).

Tab. 33: Limnologische Standardparameter der Pegnitz an den Befischungstagen

Datum	Probestelle	Temperatur	pH-Wert	elektr. Leitfähigkeit	O ₂ -Gehalt	O ₂ -Sättigung
22.09.2019	PS 1_F	14,4 °C	8,3	600 µS/cm	10,4 mg/l	103 %
22.09.2019	PS 2_F	14,9 °C	8,1	638 µS/cm	10,8 mg/l	104 %
22.09.2019	PS 3_F	14,9 °C	8,2	605 µS/cm	9,7 mg/l	95 %
27.09.2020	PS 4_F	12,6 °C	8,0	535 µS/cm	7,7 mg/l	75 %

9.3.1 Fischbestand bei Probestrecke PS 1_F

Insgesamt konnten 8 Arten der Referenzartenliste nachgewiesen werden (Tab. 34). Das Gesamtfanggewicht betrug 1,60 kg. Es dominierten Gründling, Laube und Rotaugen. Reproduktionsnachweise gelangen nur von der Art Laube (Abb. 32). Insgesamt fiel der Abschnitt mit sehr geringen Bestandsdichten und einer sehr geringen Diversität auf. Beide Faktoren spiegeln die starke anthropogene Überprägung des Gewässerabschnitts wider. Überwiegend wurden nur kleinere Fische gefangen. Die Altersstrukturen aller Arten lassen auf instabile Populationen schließen. Der Anteil von 0+ lag insgesamt bei 81,6 %. Es liegt folglich eine gestörte Altersstruktur und ein Reproduktionsdefizit bei fast allen Arten vor (Abb. 32).

Es fehlen geeignete Laich- und Aufwuchshabitate für alle Arten. Gut durchströmte Bereiche finden sich unterhalb der Rauhen Rampe und im linken Gewässerarm. Vielfach hat sich das Sohlsubstrat verfestigt. Das Gewässer ist stark vorbelastet. Die Gewässermorphologie wird in geringem Umfang zusätzlich durch das Klärwerk beeinflusst, z.T. sind Wasserstandsschwankungen aufgrund des Anlagenbetriebes erkennbar. Teilweise haben sich Feinsedimente und Schlamm, aufgrund der geringen Schleppkraft, massiv abgelagert.

Tab. 34: Erfasste Fischarten an PS 1_F (ohne Altersklasse 0+) und Anteil am Gesamtfang

Fischart	Deutscher Name	Anzahl (n)	Anteil [%]
<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch	3	6,7
<i>Leuciscus cephalus</i>	Döbel, Aitel	3	6,7
<i>Gobio gobio</i>	Gründling	12	26,7
<i>Leuciscus leuciscus</i>	Hasel	7	15,6
<i>Chondrostoma nasus</i>	Nase	1	2,2
<i>Lota lota</i>	Rutte	1	2,2
<i>Rutilus rutilus</i>	Rotaugen, Plötze	8	17,8
<i>Alburnus alburnus</i>	Laube, Ukelei	10	22,2
Summe Individuen (ohne 0+)		45	100

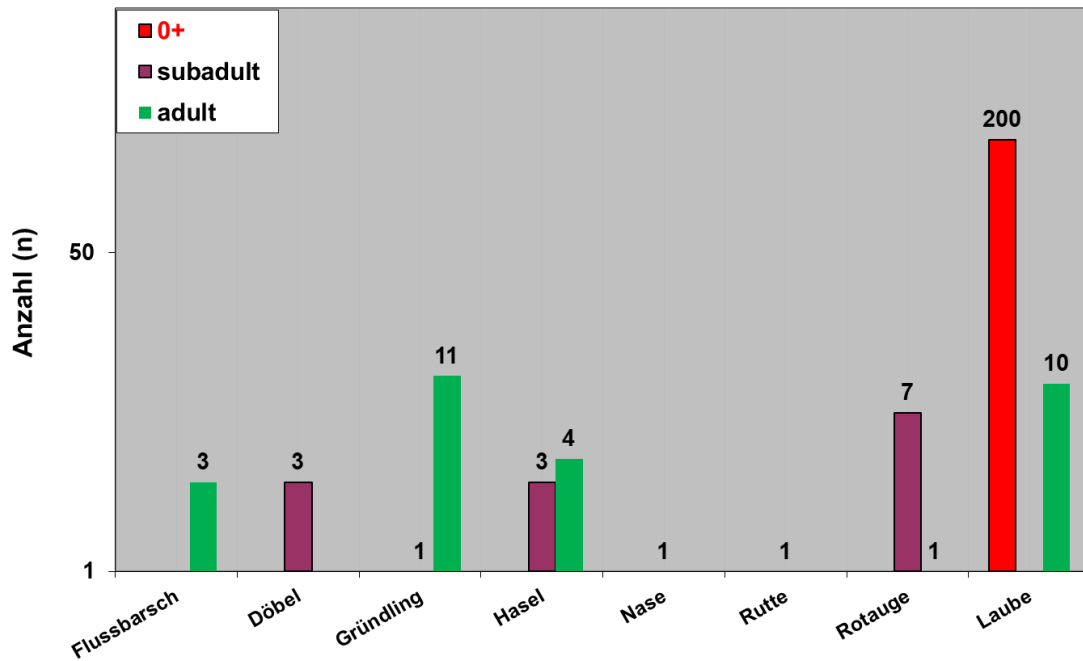


Abb. 32: Altersklassen-Häufigkeitsdarstellung mit Reproduktionsnachweis bei PS 1_F



Abb. 33: Nachweis der Rutte/Quappe (*Lota lota*) bei PS1_F. Diese nacht- und dämmerungsaktive Fischart bevorzugt kühle, klare und sauerstoffreiche Still- und Fließgewässer. Gewässerverschmutzung und Fragmentierung des Lebensraums durch Querverbauungen setzen dem Fisch stark zu (Foto: R. Bäumler).

9.3.2 Fischbestand bei Probestrecke PS 2_F

Insgesamt konnten 8 Arten der Referenzartenliste nachgewiesen werden. Das Gesamtfanggewicht betrug 15,30 kg. Der Großteil des Fanggewichts ist auf einen großen Hecht mit 10,8 kg zurückzuführen. Es dominierten Gründling und Rotauge. Reproduktionsnachweise wurden bei Rotauge und Schneider erbracht (Abb. 34). Im Gegensatz zu PS 1_F war ein deutlicher Anstieg der Individuenzahl der gefangenen Fische zu erkennen. Nur beim Rotauge lassen die Altersstrukturen auf stabile Populationen schließen. Der Anteil von 0+ lag insgesamt bei 82,3 %.

Es sind Defizite bei Laich- und Aufwuchshabitaten bei allen Arten, ausgenommen beim Rotauge sichtbar. Die Gewässermorphologie hat sich im Vergleich zu PS 1 verbessert. Das Sohlssubstrat ist locker und umlagerungsfähig. Teilweise haben sich Feinsedimente, aufgrund der geringen Schleppkraft, massiv abgelagert. Gut durchströmte Bereiche finden sich unterhalb der Sohlgleite.

Tab. 35: Erfasste Fischarten an PS 2_F (ohne Altersklasse 0+) und Anteil am Gesamtfang

Fischart	Deutscher Name	Anzahl (n)	Anteil [%]
<i>Anguilla anguilla</i>	Aal	6	7,0
<i>Leuciscus cephalus</i>	Döbel, Aitel	7	8,1
<i>Gobio gobio</i>	Gründling	39	45,3
<i>Leuciscus leuciscus</i>	Hasel	4	4,7
<i>Esox lucius</i>	Hecht	1	1,2
<i>Chondrostoma nasus</i>	Nase	1	1,2
<i>Rutilus rutilus</i>	Rotauge, Plötze	19	22,1
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Schneider	9	10,5
Summe Individuen (ohne 0+)		86	100

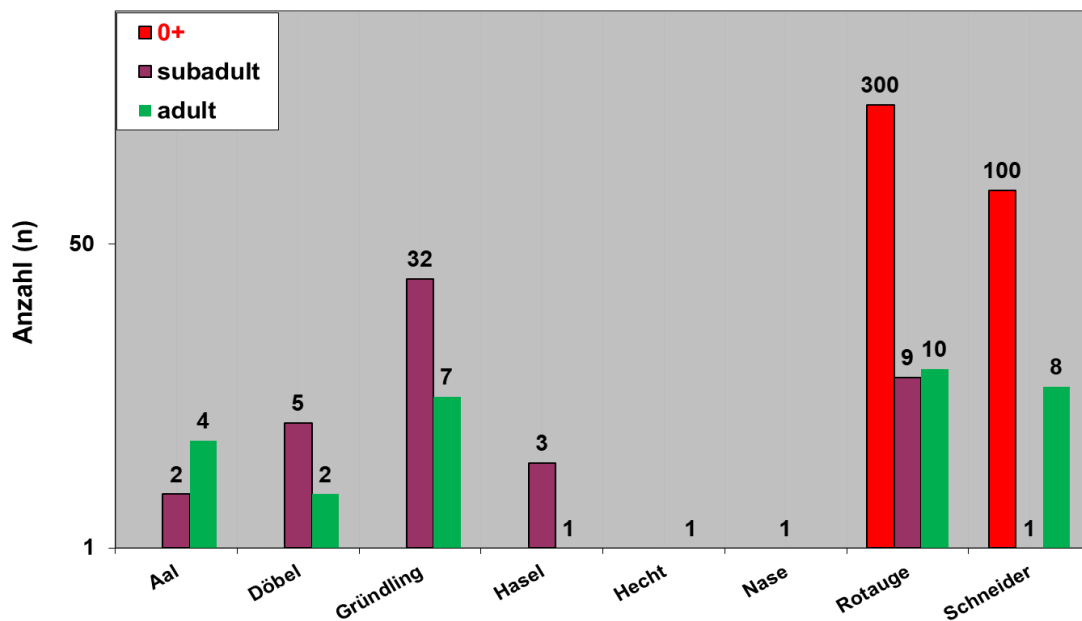


Abb. 34: Altersklassen-Häufigkeitsdarstellung mit Reproduktionsnachweis bei PS 2_F



Abb. 35: Nachweis des Hasels (*Leuciscus leuciscus*) bei PS 2_F. Der Hasel stellt nur geringe Anforderungen an seinen Lebensraum. Bevorzugt werden klare, beruhigte Fließgewässerstrecken mit kiesigem bis sandigem Grund (Foto: R. Bäumler).

9.3.3 Fischbestand bei Probestrecke PS 3_F

Insgesamt konnten 9 Arten der Referenzartenliste und die invasive Kesslergrundel nachgewiesen werden (Tab. 36). Das Gesamtfanggewicht betrug (ohne Kesslergrundel) 19,33 kg. Es dominierten Döbel, Gründling, Rotaugen und Schneider. Reproduktionsnachweise wurden von den Arten Barbe, Döbel, Rotaugen und Schneider erbracht. Dieser Gewässerabschnitt zeigte Defizite in der Habitat-ausstattung auf. Die Altersstrukturen von Barbe, Döbel, Rotaugen und Schneider lassen (noch) auf stabile Populationen schließen. Der Anteil von 0+ lag insgesamt bei 80,2 %. Bei vielen Arten werden eine gestörte Altersstruktur und ein Reproduktionsdefizit deutlich. Es sind Defizite bei Laich- und Aufwuchshabitaten für anspruchsvollere rheophile Arten sichtbar.

Das Arteninventar spiegelt die Gewässermorphologie wider. Es sind Strukturelemente mit Flach- und Stillwasserbereichen, Kolken, Rauschen und unterspülten Ufern vorhanden. Das Sohlsubstrat ist locker und umlagerungsfähig.

Tab. 36: Erfasste Fischarten an PS 3_F (ohne Altersklasse 0+) und Anteil am Gesamtfang

Fischart	Deutscher Name	Anzahl (n)	Anteil [%]
<i>Anguilla anguilla</i>	Aal	4	2,3
<i>Barbus barbus</i>	Barbe	15	8,5
<i>Leuciscus cephalus</i>	Döbel, Aitel	26	14,7
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Dreistachliger Stichling	1	0,6
<i>Carassius auratus gibelio</i>	Giebel	6	3,4
<i>Gobio gobio</i>	Gründling	42	23,7
<i>Lota lota</i>	Rutte	2	1,1
<i>Rutilus rutilus</i>	Rotaugen, Plötze	29	16,4
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Schneider	52	29,4
Summe Individuen (ohne 0+)		177	100

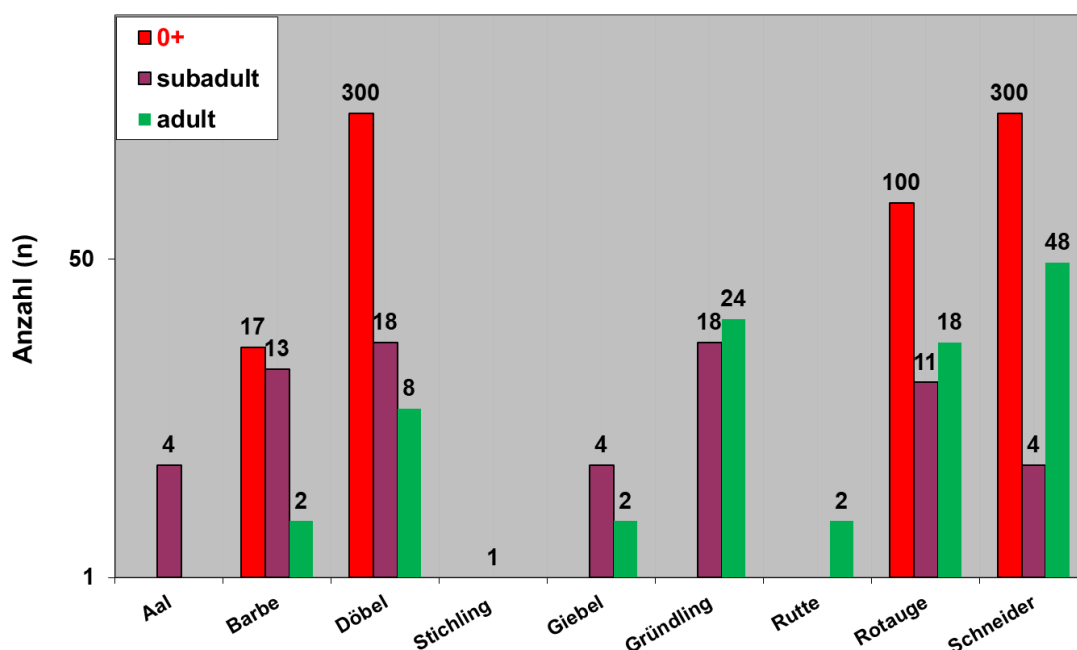


Abb. 36: Altersklassen-Häufigkeitsdarstellung mit Reproduktionsnachweis bei PS 3_F



Abb. 37: Großer adulter Döbel (Aitel) bei PS 3_F (Foto: R. Bäumlner)



Abb. 38: Adulte Kesslergrundel bei PS 3_F, eine invasive Art aus dem pontokaspischen Gebiet (Foto: R. Bäumlner)

9.3.4 Fischbestand bei Probestrecke PS 4_F

Insgesamt konnten bei PS 4_F 12 Arten der Referenzartenliste nachgewiesen werden (Tab. 37). Das Gesamtfanggewicht betrug 35,45 kg. Zum relativ hohen Fanggewicht trugen 17, zum Teil sehr große Aale bei. Es dominierten Döbel, Schneider und Gründling. Reproduktionsnachweise wurden für Barbe, Döbel, Gründling, Hasel, Rotaugen, Schneider und Laube erbracht (Abb. 39). Im Gegensatz zu PS 3_F war ein deutlicher Anstieg der gefangenen Jungfische und Adulti zu erkennen. Die Altersstrukturen von Döbel, Gründling, Hasel, Rotaugen, Schneider und Laube lassen auf stabile Populationen schließen. Der Anteil von 0+ lag insgesamt bei 73,9 %. Bei etwa der Hälfte der Arten lagen eine gestörte Altersstruktur und ein Reproduktionsdefizit vor. Es sind Defizite bei Laich- und Aufwuchshabitaten für anspruchsvollere rheophile Arten sichtbar.

Die Gewässermorphologie stellt sich bei PS 4_F deutlich verbessert dar. Das Sohls substrat ist locker und umlagerungsfähig. Teilweise haben sich Feinsedimente, aufgrund der geringen Schleppkraft, massiv an den Ufern abgelagert. Gut durchströmte Bereiche finden sich unterhalb der Sohl-

gleiten. Höhere Strömungsgeschwindigkeiten werden auch an der Einleitungsstelle des KW 1 erreicht. An einigen Stellen betrug der Wasserstand über 3 m.

Tab. 37: Erfasste Fischarten an PS 4_F (ohne Altersklasse 0+) und Anteil am Gesamtfang

Fischart	Deutscher Name	Anzahl (n)	Anteil [%]
<i>Anguilla anguilla</i>	Aal	17	7,4
<i>Barbus barbus</i>	Barbe	3	1,3
<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch	14	6,1
<i>Leuciscus cephalus</i>	Döbel, Aitel	43	18,6
<i>Carassius auratus gibelio</i>	Giebel	12	5,2
<i>Gobio gobio</i>	Gründling	32	13,9
<i>Leuciscus leuciscus</i>	Hasel	19	8,2
<i>Esox lucius</i>	Hecht	5	2,2
<i>Chondrostoma nasus</i>	Nase	1	0,4
<i>Rutilus rutilus</i>	Rotauge, Plötze	19	8,2
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Schneider	43	18,6
<i>Alburnus alburnus</i>	Laube	23	10,0
Summe Individuen (ohne 0+)		231	100

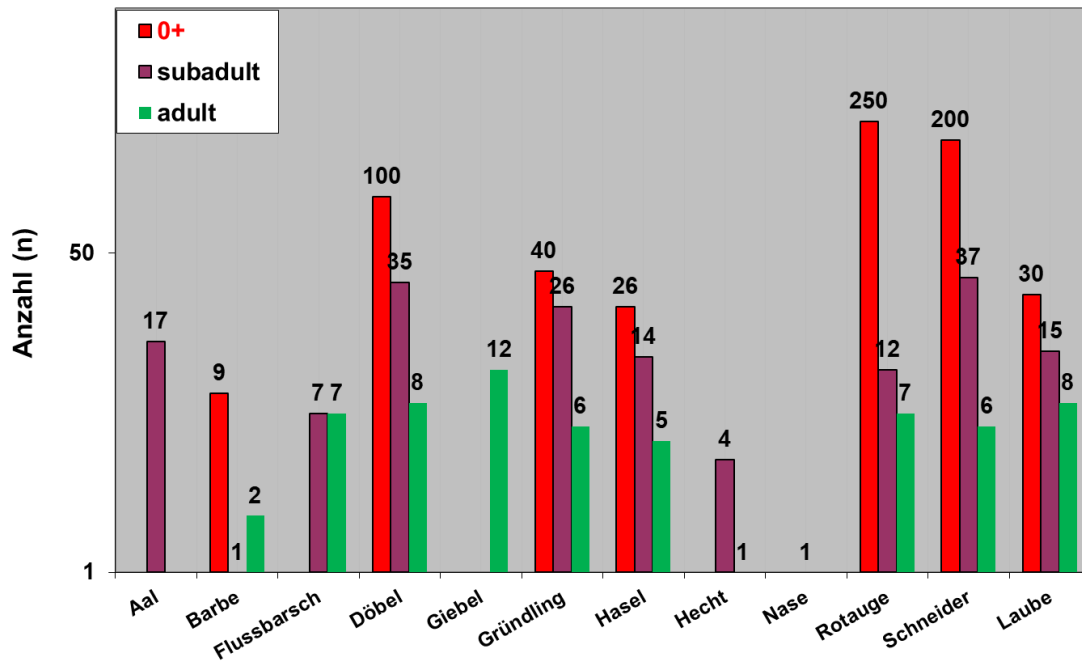


Abb. 39: Altersklassen-Häufigkeitsdarstellung mit Reproduktionsnachweis bei PS 4_F



Abb. 40: Juvenile Barbe bei PS 4_F. Die Barbe lebt als Grundfisch in sauerstoffreichen Fließgewässern mit stärkerer Strömung und sandigen oder kiesigen Untergründen (Foto: R. Bäumlner).



Abb. 41: Großer adulter Schneider. Der Schneider bevorzugt als geselliger Schwarmfisch klare, schnell fließende Bäche und kleine Flüsse mit Kiesgrund (Foto: R. Bäumlner).



Abb. 42: Adulter Gründling, ein geselliger Schwarmfisch, der in klaren Gewässern mit kiesigem oder sandigem Substrat lebt (Foto: R. Bäumlner).

9.3.5 Gefährdungsstatus der Artnachweise der Probestellen PS 1_F bis PS 4_F

Wie nachfolgende Tab. 38 aufzeigt, sind 36 Prozent der nachgewiesenen Arten aus der Referenz-Fischartenzönose stark gefährdet, gefährdet oder stehen auf der Vorwarnliste (Bohl et al. 2003, Freyhof, J. 2009). Über die Verordnung zur Ausführung des Bayerischen Fischereigesetzes § 11 (Bayerische Staatskanzlei 2018) werden 6 Fischarten geschont, darunter mit Barbe, Hecht und Rutte auch 3 Arten, die zusätzlich über die Vereinsbestimmungen des Fischereivereins (FV) Nürnberg e.V. geschont werden (Fischereiverein Nürnberg e.V. 2020a).

Trotz Neunaugennachsuche in den potentiellen Habitaten konnten keine Neunaugen nachgewiesen werden. Bei der Befischung wurden die Habitats mit der Elektrode bestrichen, wobei auf die Elektrode - sofern sich keine anderen Fische im Wirkungsbereich befanden - im Wechsel längere Zeit Strom und kein Strom („pulsen“) gegeben wurde. Neunaugen „laufen nach“, d.h. die Tiere zeigen eine verzögerte Galvanotaxis und kommen verzögert aus ihren Wohnhabitaten.

Tab. 38: Gefährdungsstatus sowie gesetzliche und vereinsinterne Fangbeschränkungen der Artnachweise für PS 1_F bis PS 4_F

Gefährdungsstatus, gesetzliche und vereinsinterne Fangbeschränkungen						
Art	FFH-Anhang	RL Bay	RL D	AV BayFiG	FV Nürnberg	
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>		3	2	SM + SZ	
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	V	3	ungefährdet	SM + SZ	SM
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>		ungefährdet	ungefährdet		
Döbel	<i>Squalius cephalus</i>		ungefährdet	ungefährdet		
Dreistach. Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i>		ungefährdet	ungefährdet		
Giebel	<i>Carassius gibelio</i>		ungefährdet	ungefährdet		
Gründling	<i>Gobio gobio</i>		ungefährdet	ungefährdet		
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>		ungefährdet	ungefährdet		
Hecht	<i>Esox lucius</i>		ungefährdet	ungefährdet	SM + SZ	SZ
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>		2	V	SM + SZ	
Rutte	<i>Lota lota</i>		2	V	SM	SM
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>		ungefährdet	ungefährdet		
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>		2	V	ganzjährig	
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>		ungefährdet	ungefährdet		

Erläuterungen:
FFH-Anhang: Arten der Anhänge II und V der FFH-Richtlinie (92/93/EWG)
RL Bay: Rote Liste Bayern EZG Main (2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet; V = Arten der Vorwarnliste)
RL D: Rote Liste Deutschland (2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet; V = Arten der Vorwarnliste)
AV BayFiG: Verordnung zur Ausführung des Bayerischen Fischereigesetzes § 11
 (SM = Schonmaß; SZ = Schonzeit)

9.3.6 Auswertung der Fang- und Besatzlisten 2016 bis 2018

Der Fischereiverein Nürnberg e. V. zeichnet seit Jahrzehnten die Fänge in seinen Fischgewässern auf. Zu diesem Zweck werden Mitglieder und Gastangler angehalten, Jahresfangmeldungen zu führen und diese zur Auswertung vorzulegen oder online an den Verein zu versenden. In die Listen werden die Fänge mit Gewicht in kg sowie Gesamtgewicht pro Fischart erfasst und dem jeweiligen Gewässer zugeordnet. Darüber hinaus sind die Gewässerbesuche zu vermerken. Die Auswertung erfolgt nach Gewässer, Gewicht in kg pro Fischart und die Gewässerbesuche. Die Mitglieder werden über die Auswertungen im Jahresrückblick (Fischereiverein Nürnberg e.V. 2020b) informiert.

Der Verein bewirtschaftet verschiedene Streckenabschnitte der Pegnitz mit einer Länge von insgesamt 13 km. Die untere Grenze ist die Stadtgrenze Führt. Nürnberg Behringersdorf markiert die obere Grenze. Der Untersuchungsbereich, die WRRL-Referenzstrecke und der Pegel Nürnberg Lederersteg liegen im Streckenabschnitt unterhalb Wöhrder See (obere Grenze) und Stadtgrenze Führt (untere Grenze) (Fischereiverein Nürnberg e.V. 2020c).

Die Jahresauswertungen von 2016 bis 2018 sowie Besatzdaten von 2016 bis 2018 wurden vom Verein für die Auswertung zur Verfügung gestellt.

Dominierende Arten aus den Jahresauswertungen (Gesamtfanggewicht in kg):

- Im Jahr **2016**: Bachforelle mit 40,6 Prozent, Karpfen (25,5) und Hecht (15,2) bei einem Gesamtfang in Höhe von 1.868,1 kg
- Im Jahr **2017**: Bachforelle (59,7), Karpfen (20,7) und Hecht (7,5) bei einem Gesamtfang in Höhe von 2.135,9 kg
- Im Jahr **2018**: Bachforelle (39,7), Karpfen (36,1) und Hecht (11,4) bei einem Gesamtfang in Höhe von 1.695,2 kg

Die letzten drei Jahre wurden Bachforelle, Barbe, Karpfen, Rutte und Zander besetzt. Bei Bedarf kann eine differenzierte Auswertung des Datenmaterials für eine weitere Begutachtung einbezogen werden. Eine entsprechende Auflistung der in den Fanglisten enthaltenden Arten und die Besatzarten findet sich in Tab. 39. Die Angelfischerei ist eine sehr selektive Methode des Fischfangs, weil Gerät und Köder auf die zu befischende(n) Fischart(en) abgestimmt sind. Darüber hinaus werden natürlich die attraktive(n) Fischart(en) in den Statistiken quantitativ stärker erfasst. Trotzdem liefern Fangstatistiken, wenn sie kontinuierlich über Jahre geführt werden, wichtige Hinweise auf die Zusammensetzung der Fischzönose, zeigen Arten- und deren Abundanzverschiebungen an.



Abb. 43: Bachforelle (*Salmo trutta*) lebt als Leitfischart der Forellenregion in klaren, kühlen und sauerstoffreichen Bächen und Flüssen sowie in Bergseen.

9.3.7 Elektrobefischungen Fischereifachberatung (FFB) Bezirk Mittelfranken

Die Fischereifachberatung des Bezirk Mittelfranken (FFB) hat neben dem WRRL-Monitoring auch andere Elektrobefischungen durchgeführt. Es wurde eine Liste der Arten zur Verfügung gestellt, die in der Pegnitz im Streckenabschnitt unterhalb des Wehres Wöhrder See bis Zusammenfluss mit der Rednitz nachgewiesen wurden.

Mit Stand 17.09.2019 wurden zusätzlich zum WRRL-Monitoring folgende Arten nachgewiesen (Tab. 39). Äsche, Brachse, Giebel, Nase, Rotfeder, Schleie, Sonnenbarsch und Zander.

9.3.8 Gesamtübersicht Fischbestand

Nachfolgende Tab. 39 gibt einen Überblick über das festgestellte Fischarteninventar infolge unterschiedlicher Erhebungen im Untersuchungsgebiet für KW 1. Insgesamt wurden im Zeitraum von 2016 bis 2020 30 verschiedene Fischarten, darunter 23 der Referenzzönose nachgewiesen.

Tab. 39: Gesamtübersicht der Arten der Referenz-Fischzönose (Referenz-AL = Referenz-Artenliste) und der im unteren FWK der Pegnitz nachgewiesenen Arten, geordnet nach Jahren und Art der Bestandserhebung. PS 1-2 bzw. PS 3-4 gibt die gepoolten Nachweise der jeweiligen Probestellen an.

Gesamtübersicht der Arten		Referenz-AL	Probenahme 2019			Probenahme 2019 2020			Auswertung Fanglisten			Besatz			E-Fischen WRRL			E-Fischen Stand 17.09.2019	Nachgewiesene Arten
Art	Referenz	PS 1	PS 2	PS 1-2	PS 3	PS 4	PS 3-4	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2018	2019	2019		
1 Aal	x		x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	
2 Aland, Nerfling	x																		
3 Äsche	x							x	x								x	x	
4 Bachforelle	x							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
5 Bachneunauge	x													x	x	x	x	x	
6 Barbe	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
7 Barsch, Flussbarsch	x	x		x		x	x							x	x	x	x	x	
8 Bitterling														x				x	
9 Blaubandbärbling														x			x	x	
10 Brachse																	x	x	
11 Döbel, Aitel	x	x	x	x	x	x	x							x	x	x	x	x	
12 Dreist. Stichling (Binnenf.)	x				x		x								x		x	x	
13 Elritze	x																		
14 Giebel	x				x	x	x										x	x	
15 Groppe, Mühlkoppe	x													x			x	x	
16 Gründling	x	x	x	x	x	x	x							x	x	x	x	x	
17 Hasel	x	x	x	x		x	x							x	x	x	x	x	
18 Hecht	x		x	x		x	x	x	x	x				x	x		x	x	
19 Karausche	x																		
20 Karpfen	x							x	x	x	x	x	x		x		x	x	
21 Kaulbarsch	x													x				x	
22 Nase	x	x	x	x		x	x										x	x	
23 Quappe, Rutte	x	x		x	x		x		x	x	x			x			x	x	
24 Regenbogenforelle								x	x	x								x	
25 Rotauge, Plötze	x	x	x	x	x	x	x							x	x	x	x	x	
26 Rotfeder	x																x	x	
27 Schlammpeitzger	x																		
28 Schleie	x							x	x	x							x	x	
29 Schmerle	x														x		x	x	
30 Schneider	x		x	x	x	x	x							x	x	x	x	x	
31 Sonnenbarsch																	x	x	
32 Steinbeißer	x																		
33 Ukelei, Laube	x	x		x		x	x							x	x	x	x	x	
34 Wels									x									x	
35 Zander								x	x	x	x	x	x				x	x	
Anzahl Arten = 35	28	8	8	11	9	12	14	9	10	8	5	5	5	16	15	11	26	30	
davon Referenzarten	28	8	8	11	9	12	14	7	7	6	4	4	4	14	15	11	22	23	
<i>weitere Arten:</i>								keine											
37 Graskarpfen																	x	x	
38 Kesslergrundel					x												x	x	
39 Marmorierte Grundel																	x	x	
40 Nackthalsgrundel																	x	x	
41 Schwarzmundgrundel																	x	x	
42 Kamberkrebs																	x	x	

9.4 Bewertung der QK Fische nach der Wasserrahmenrichtlinie

Das fischereiliche Probenahmeverfahren (Monitoring) nach EG-WRRL empfiehlt aus fischereifachlicher Sicht innerhalb des Berichtszeitraumes von 6 Jahren mindestens drei Einzelbefischungen pro Probestrecke, die gepoolt bewertet werden. Für die Untersuchung der Fischfauna wurde eine einmalige Herbstbefischung an den Probestrecken von den Verantwortlichen als ausreichend erachtet.

Da es sich um einen anthropogen überformten Untersuchungsbereich handelt und der gesamte FWK durch den Zentrumsbereich von Nürnberg und Fürth fließt, muss die Vorbelastung für eine repräsentative Einschätzung abgebildet werden. Deshalb wurden die Ergebnisse der Untersuchungsstrecken PS 1_F und PS 2_F in die Untersuchungen als eigene Teilstrecke einbezogen (gepoolt), um die Auswirkungen durch die Einleitungen von KW 1 abschätzen zu können.

Eine ausführliche Ergebnisdarstellung ist dem Fachbeitrag Fischerei für das Klärwerk 1 im Anhang I zu entnehmen. Im Folgenden wird eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse gegeben.

9.4.1 Vergleich der Ergebnisse von PS 1_F und PS 2_F (gepoolt) sowie von PS 3_F und PS 4_F (gepoolt) zur Referenz-Fischzönose

In der nachfolgenden Tab. 40 werden die prozentualen Anteile der Arten aus der Referenz-Fischzönose mit dem Fang der Teilstrecken PS 1_F und 2_F (gepoolt, mit Dummies) verglichen.

Tab. 40: Vergleich Referenz-Fischzönose mit Gesamtfängen von PS 1_F+ 2_F (gepoolt, mit Dummies)

Pegnitz, Referenz Code 276 PS 1+2 (Vorbelastung)		Referenz-Fischzönose	Nachgewiesene Arten	Nachgewiesene Arten
Art		Anteil [%]	Anteil [%]	[n]
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	0,1	0,8	6
Aland, Nerfling	<i>Leuciscus idus</i>	0,1		
Giebel	<i>Carassius gibelio</i>	0,1		
Karassche	<i>Carassius carassius</i>	0,1		
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	0,1	0,1	1
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	0,1		
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0,1		
Schlammpeitzger	<i>Misgurnus fossilis</i>	0,1		
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	0,1	0,1	1
Steinbeißer	<i>Cobitis taenia</i>	0,1		
Barsch, Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	0,3	0,4	3
Quappe, Rutte	<i>Lota lota</i>	0,5	0,1	1
Ukelei, Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	0,5	28,5	210
Dreist. Stichling (Binnenform)	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0,9		
Rotauge, Plötze	<i>Rutilus rutilus</i>	1,0	44,4	327
Bachneunauge	<i>Lampetra planeri</i>	1,5	0,1	1
Hecht	<i>Esox lucius</i>	2,0	0,1	1
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>	3,0		
Schmerle	<i>Barbatula barbatula</i>	4,9		
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	4,9	14,8	109
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	5,0	6,9	51
Groppe, Mühlkoppe	<i>Cottus gobio</i>	8,0		
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	8,0	1,5	11
Döbel, Aitel	<i>Leuciscus cephalus</i>	8,5	1,4	10
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	10,0	0,1	1
Bachforelle	<i>Salmo trutta, Fließgewässerform</i>	10,0	0,1	1
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	15,0	0,1	1
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	15,0	0,3	2
Gesamt:		100,0	100,0	737
			<i>davon Dummies</i>	
Referenzarten [n]		28	17	6
Leitarten [n]	(Anteil > 5 %)	8	6	3
Typspezifische Arten [n]	(Anteil ≥ 1 %)	14	10	4
Begleitarten [n]	(Anteil < 1 %)	14	6	2

Insgesamt wurden bei PS 1_F und PS 2_F 17 von 28 Referenz-Fischarten (6 davon als Dummies) und keine referenzfremde Art nachgewiesen.

Es konnten 11 der 14 typspezifischen Arten der Referenz nachgewiesen werden. Es fehlen die Kleinfischarten Elritze (*Phoxinus phoxinus*), Schmerle (*Barbatula barbatula*) und Koppe (*Cottus gobio*), die hohe Habitansprüche (flache, klare und sauerstoffreiche Gewässern mit viel Strömung und kiesigen Untergründen) an ihren Lebensraum stellen. Die Arten Äsche (*Thymallus thymallus*) und Bachforelle (*Salmo trutta forma fario*), wurden als Dummies nachgewiesen.

Von den Begleitarten der Referenz (n = 14) fehlten die Nachweise von 8 Arten: Nerfling (*Leuciscus idus*), Giebel (*Carassius gibelio*), Karausche (*Carassius carassius*), Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*), Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*), Schlammpeitzger (*Misgurnus fossilis*), Steinbeißer (*Cobitis taenia*) und Dreistachliger Stichling (*Gasterosteus aculeatus*). Bei diesen Arten handelt es sich bis auf Nerfling und Steinbeißer um stillwasserliebende Arten. Die Arten Karpfen (*Cyprinus carpio*) und Schleie (*Tinca tinca*) wurde als Dummies nachgewiesen.

Dominiert wurde das Arteninventar von Rotaug (44,7 %), Laube (28,7 %) und Schneider (14,9 %), die zusammen 88,3 % der nachgewiesenen Individuenzahl (n = 731 ohne Dummies) ausmachen, was auf die hohen Anteile von 0+ (Rotaug 50,0 %, Laube 33,3 und Schneider 16,7 %) der einzelnen Arten zurückzuführen ist. Der Anteil von 0+ am Gesamtfang betrug bei n = 731 insgesamt 82,1 %.

Mit einem Gesamtfang von 737 Individuen (mit Dummies) wurde der für die Bewertung mit fiBS empfohlene Richtwert zur Mindestindividuenzahl (30-faches der Artenzahl der Referenz-Fischzönose = 840 Individuen) bei den summierten Fängen von PS 1_F und PS 2_F verfehlt. Der Richtwert für eine kumuliert zu befischende Gesamtstrecke (100fache Gewässerbreite = 1.700 m) wurde ebenfalls mit 1.450 m verfehlt.

In der nachfolgenden Tab. 41 werden die prozentualen Anteile der Arten aus der **Referenz-Fischzönose mit den Fängen von PS 3_F und 4_F** (gepoolt, mit Dummies) verglichen.

Insgesamt wurden bei PS 3_F und PS 4_F 19 von 28 Referenz-Fischarten (6 davon als Dummies) und eine referenzfremde Art (Kesslergrundel, *Ponticola kessleri*) nachgewiesen.

Es konnten 11 der 14 typspezifischen Arten der Referenz nachgewiesen werden. Es fehlen die Kleinfischarten Elritze (*Phoxinus phoxinus*), Schmerle (*Barbatula barbatula*) und Koppe (*Cottus gobio*), die hohe Habitansprüche (flache, klare und sauerstoffreiche Gewässern mit viel Strömung und kiesigen Untergründen) an ihren Lebensraum stellen. Die Arten Äsche (*Thymallus thymallus*) und Bachforelle (*Salmo trutta forma fario*) wurden als Dummies nachgewiesen.

Von den Begleitarten der Referenz (n = 14) fehlten die Nachweise von 6 Arten: Nerfling (*Leuciscus idus*), Karausche (*Carassius carassius*), Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*), Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*), Schlammpeitzger (*Misgurnus fossilis*) und Steinbeißer (*Cobitis taenia*). Bei diesen Arten handelt es sich bis auf Nerfling und Steinbeißer um stillwasserliebende Arten. Die Arten Karpfen (*Cyprinus carpio*) und Schleie (*Tinca tinca*) wurde als Dummies nachgewiesen.

Dominiert wurde das Arteninventar von Schneider (33,4 %), Döbel (26,3 %) und Rotaug (22,4 %), die zusammen 82,1 % der nachgewiesenen Individuenzahl (n = 1.780 ohne Dummies) ausmachen, was auf die hohen Anteile von 0+ (Schneider 36,4 %, Döbel 29,2 %, Rotaug 25,2 %) der

einzelnen Arten zurückzuführen ist. Der Anteil von 0+ am Gesamtfang betrug bei n = 1.372 insgesamt 77,1 %.

Mit einem Gesamtfang von 1.785 Individuen (mit Dummies) wurde der für die Bewertung mit fiBS empfohlene Richtwert zur Mindestindividuenzahl (30-faches der Artenzahl der Referenz-Fischzönose = 840 Individuen) bei den summierten Fängen von PS 3_F und PS 4_F überschritten und damit eingehalten. Der Richtwert für eine kumuliert zu befischende Gesamtstrecke (100fache Gewässerbreite = 1.700 m) wurde mit 1.420 m verfehlt.

Tab. 41: Vergleich Referenz-Fischzönose mit Gesamtfängen von PS 3_F+4_F (gepoolt, mit Dummies)

Pegnitz, Referenz Code 276 PS3+4 für KW 1		Referenz- Fischzönose Anteil [%]	Nachgewiesene Arten Anteil [%]	Nachgewiesene Arten [n]
Art				
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	0,1	1,2	21
Aland, Nerfling	<i>Leuciscus idus</i>	0,1		
Giebel	<i>Carassius gibelio</i>	0,1	1,0	18
Karassche	<i>Carassius carassius</i>	0,1		
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	0,1	0,1	1
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	0,1		
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0,1		
Schlammpeitzger	<i>Misgurnus fossilis</i>	0,1		
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	0,1	0,1	1
Steinbeißer	<i>Cobitis taenia</i>	0,1		
Barsch, Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	0,3	0,8	14
Quappe, Rutte	<i>Lota lota</i>	0,5	0,1	2
Ukelei, Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	0,5	3,0	53
Dreist. Stichling (Binnenform)	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0,9	0,1	1
Rotauge, Plötze	<i>Rutilus rutilus</i>	1,0	22,3	398
Bachneunauge	<i>Lampetra planeri</i>	1,5	0,1	1
Hecht	<i>Esox lucius</i>	2,0	0,3	5
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>	3,0		
Schmerle	<i>Barbatula barbatula</i>	4,9		
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	4,9	33,3	595
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	5,0	6,4	114
Groppe, Mühlkoppe	<i>Cottus gobio</i>	8,0		
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	8,0	2,5	45
Döbel, Aitel	<i>Leuciscus cephalus</i>	8,5	26,3	469
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	10,0	0,1	1
Bachforelle	<i>Salmo trutta, Fließgewässerform</i>	10,0	0,1	1
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	15,0	2,5	44
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	15,0	0,1	1
Gesamt:		100,0	100,0	1.785
				<i>davon Dummies</i>
Referenzarten [n]		28	19	5
Leitarten [n]	(Anteil ≥ 5 %)	8	7	2
Typspezifische Arten [n]	(Anteil ≥ 1 %)	14	11	3
Begleitarten [n]	(Anteil < 1 %)	14	8	2

9.4.2 Ökologische Zustandsklasse anhand der Qualitätsmerkmale

Nachfolgend wird die vorgefundene Fischartenzönose bezüglich der sechs Qualitätsmerkmale für die Teilstrecken PS 1_F + PS 2_F und PS 3_F + PS 4_F betrachtet, zum Vergleich sind die Werte der Referenz-Fischzönose mit abgebildet (Tab. 42).

Tab. 42: Vergleich der Qualitätsmerkmale und Werte der Referenz mit der Teilstrecke PS 1_F+2_F und der Teilstrecke PS 3_F+4_F

Qualitätsmerkmale und Parameter PS 1+2 und PS 3+4 für KW 1	Referenz	nachgew. fiBS PS 1+2	Score fiBS PS 1+2	nachgew. fiBS PS 3+4	Score fiBS PS 3+4
1 Arten- und Gildeninventar:			3,33		3,67
a) Anzahl typspezifische Arten	14	11	1	11	1
b) Anzahl Begleitarten:	14	6	3	8	5
c) Anzahl anadrome u. potamodrome Arten:	2	2	5	2	5
d) Anzahl Habitatgilden:	2	2	5	2	5
e) Anzahl Reproduktionsgilden:	5	4	1	4	1
f) Anzahl Trophiegilden:	6	6	5	6	5
2 Artenabundanz und Gildenverteilung:			1,35		1,47
a) Abundanz der Leitarten:					
1. Äsche	0,100	0,001	1	0,001	1
2. Bachforelle	0,100	0,001	1	0,001	1
3. Barbe	0,150	0,001	1	0,025	1
4. Döbel, Aitel	0,085	0,140	1	0,263	1
5. Groppe, Mühlkoppe	0,080	0,000	1	0,000	1
6. Gründling	0,050	0,069	3	0,065	3
7. Hasel	0,080	0,015	1	0,025	1
8. Nase	0,150	0,003	1	0,001	1
b) Barsch/Rotaugen-Abundanz:	0,013	0,448	1	0,231	1
c) Gildenverteilung:					
I) Habitatgilden:					
Rheophile:	0,945	0,255	1	0,713	1
Stagnophile:	0,004	0,001	3	0,001	1
II) Reproduktionsgilden:					
Lithophile:	0,759	0,185	1	0,648	3
Psammophile:	0,099	0,069	3	0,064	3
Phytophile:	0,035	0,004	1	0,004	1
III) Trophiegilden:					
Invertivore:	0,511	0,220	1	0,422	3
Omnivore:	0,195	0,760	1	0,552	1
Piscovore:	0,020	0,001	1	0,003	1
3 Alterstruktur (Reproduktion):			1,00		2,75
1. Äsche	> 0,300	0,000	1	0,000	1
2. Bachforelle	> 0,300	0,000	1	0,000	1
3. Barbe	> 0,300	0,000	1	0,591	5
4. Döbel, Aitel	> 0,300	0,000	1	0,853	3
5. Groppe, Mühlkoppe	> 0,300	0,000	1	0,000	1
6. Gründling	> 0,300	0,000	1	0,351	5
7. Hasel	> 0,300	0,000	1	0,578	5
8. Nase	> 0,300	0,000	1	0,000	1
4 Migration MI: (ohne Aal)	1,626	1,012	1,00	1,064	1,00
5 Fischregion FRI _{ges.}	5,45	6,27	1,00	5,84	3,00
6 Dominante Arten			1,00		1,00
a) LAI	1	0,125	1	0,250	1
b) CDI	entfällt	0,729	1	0,596	1
Gesamtbewertung:	Gesamt-Individuenzahl (n):	737	1,67	1.785	2,39
Ökologischer Zustand:	Gesamt-Individuendichte (n/ha):	1.694	unbefriedigend	4.190	mäßig
EQR:	Gesamt-Streckenlänge (m):	1.450	0,17	1.420	0,35

Abkürzungen: MI = Migrationsindex, FRI_{ges.} = Fischregion-Gesamtindex, LAI = Leitartenindex, CDI = Community Dominance Index, EQR = Ecological Quality Ration

Ökologische Zustandsklassen von PS 1_F + PS 2_F und PS 3_F + PS 4_F

Die Gesamtbewertung aller sechs fischökologischer Qualitätsmerkmale ergab für die Strecke PS 1_F und PS 2_F (gepoolt) einen **unbefriedigenden ökologischen Zustand (Score = 1,67)**.

Die Gesamtbewertung aller sechs fischökologischer Qualitätsmerkmale ergab für die Strecke PS 3_F und PS 4_F (gepoolt) einen **mäßigen ökologischen Zustand (Score = 2,39)**.

Ökologische Zustandsklasse gesamtes Untersuchungsgebiet

Die ökologische Zustandsklasse des gesamten Untersuchungsabschnittes, bestehend aus WRRL-Referenzstrecke (FWK 2_F037), PS 1_F und PS 2_F errechnet sich aus den jeweiligen Anteilen der Teilstrecken gemäß Dussling, U. (2009b):

„Grundvoraussetzung für eine sachgerechte Bewertung längerer Fließgewässerabschnitte ist, dass durch die Festlegung der Probestrecken sämtliche Hauptbeeinträchtigungen des Gewässers repräsentativ erfasst werden. Eine Detailbetrachtung ist hierbei weniger ratsam, da heutige Fließgewässer gewöhnlich einer Vielzahl höchst unterschiedlicher Belastungen unterliegen, die nicht alle durch Einzelprobestrecken abgedeckt werden können.

Zudem integrieren Fische wie keine andere biologische Qualitätskomponente Gewässerbelastungen über Raum und Zeit, zum Teil sogar gewässerübergreifend. Deshalb ist auch bei der Wahl von Probestrecken eine eher integrierende Sichtweise angezeigt, indem größere Abschnitte mit vergleichbarer Gesamtbelastung identifiziert und mit jeweils einer repräsentativen Probestrecke belegt werden. Zur Gesamtbewertung eines mit mehreren Probestrecken versehenen Fließgewässerabschnitts wird aus den jeweiligen Bewertungsergebnissen ein gewichtetes Gesamtmittel berechnet. Die Gewichtung entspricht hierbei den Streckenanteilen, für die jede einzelne Probestelle repräsentativ ausgewählt wurde.“

- Gewässerlänge der Teilstrecke PS 1_F + PS 2_F = 680 m → Anteil 55 % = 0,55
Ökologische Zustandsklasse Teilstrecke PS 1+2 = **1,67 (unbefriedigend)**
- Gewässerlänge der Teilstrecke PS 3_F + PS 4_F = 560 m → Anteil 45 % = 0,45
Ökologische Zustandsklasse Teilstrecke PS 3+4 = **2,39 (mäßig)**
- **Bewertung des Gesamtabschnitts** = gewichtetes Gesamtmittel:
Ökologische Zustandsklasse = $(0,55 \times 1,67) + (0,45 \times 2,39) = \mathbf{2,00 \text{ (unbefriedigend)}}$

Ergänzend seien in Tab. 26 auch die Bewertungsergebnisse der einzelnen Probestellen nach Wasserrahmenrichtlinie (fiBS) dargestellt:

Zwischen der WRRL-Monitoringstrecke (Probestelle 2_F044_17984 zwischen Großweidenmühlsteg und Kettensteg; oberhalb der Untersuchungsstrecke), PS 1_F und PS 2_F ergaben sich in der Gesamtbewertung des ökologischen Zustands kaum Unterschiede (Score zwischen 1,56 und 1,59). Für alle drei Strecken wurde ein „unbefriedigender Zustand“ hinsichtlich der Fischfauna ermittelt.

Ferner sind die Ergebnisse der Probestellen PS 3_F und PS 4_F, weiter flussab, dargestellt. Die einzelnen Gesamtbewertungen verdeutlichen, dass sich die Werte stromab verbessern und sich der nächsten Zustandsklasse („mäßig“) annähern. Diese wird ab PS 4_F erreicht (Score 2,22). Die Aussage wird durch die fiBS-Bewertung beim Qualitätsmerkmal „Fischfauna“ des anschließenden FWK 2_F044 „Regnitz vom Zusammenfluss von Rednitz und Pegnitz bis Zusammenfluss mit Main-Donau-Kanal“ bekräftigt. Der Wert der Gesamtbewertung beträgt 2,44 und indiziert einen mäßigen ökologischen Zustand (Schubert, M. 2019b).

Abb. 44: Übersicht der fiBS-Ergebnisse an den Probestellen PS 1_F bis PS4_F sowie an den WRRL-Monitoring-Strecken oberhalb (FWK 2_F037 Pegnitz) und unterhalb (FWK 2_F044 Regnitz) des Untersuchungsgebietes

fiBS: Vergleich der PS		FWK 2_F037 Pegnitz: Monitoring-Meßstelle 276					FWK 2_F044 Regnitz: Monitoring-Meßstelle 280		
Nr. der	Qualitätskomponente	Referenz	Monitor-strecke	PS 1	PS 2	PS 3	PS 4	Referenz	Monitoring-strecke
1	Arten- und Gildeninventar (Score):		3,00	2,67	3,00	2,33	3,00		2,67
2	Artenabundanz und Gildenverteilung (Score):		1,35	1,59	1,35	1,94	1,47		1,94
3	Altersstruktur (Reproduktion) (Score):		1,00	1,00	1,00	1,50	2,75		2,50
4	Migration (Score):		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00
	Migrationsindex, MI (ohne Aal):	1,626	1,121	1,028	1,010	1,077	1,031	1,530	1,033
5	Fischregion (Score):		1,00	1,00	1,00	3,00	3,00		5,00
	Fischregions-Gesamtindex, FRI ges:	5,45	6,31	6,51	6,14	5,75	5,94	6,19	6,32
6	Dominante Arten (Score):		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		2,00
	Gesamtbewertung		1,59	1,56	1,59	1,86	2,22		2,44
	Ökologischer Zustand		unbefriedigend	unbefriedigend	unbefriedigend	unbefriedigend	mäßig		mäßig
Gewässerdaten	Gesamt-Individuenzahl (n):		653	251	492	899	891		915
	Gesamt-Individuendichte (n/ha):		142	1.116	2.343	4.281	4.125		500
	Entlang der Ufer beprobte Strecken (m):		0	750	700	700	720		6.100
	Über die gesamte Breite beprobte Strecken (m):		2.700	0	0	0	0		0
	Breite (m):		17	17	17	17	17		40

9.5 Diskussion der Ergebnisse der QK Fische und Maßnahmenvorschläge

Aus den Ergebnissen der Erhebung der Fischfauna geht hervor, dass die Einleitungswässer von KW 1 offenbar keine Verschlechterung in der ökologischen Zustandsbewertung beim Qualitätsmerkmal „Fischfauna“ des FWK 2_F037 „Pegnitz von Nürnberg-Kettensteg bis Zusammenfluss mit Rednitz“ bewirken.

Das nachgewiesene Fischinventar in der WRRL-Monitoringstrecke, die etwa 1,5 km stromauf von PS 1_F liegt, zeigt bereits deutliche Unterschiede zur Referenzzönose insbesondere bei den Leitarten (Zielarten) auf. Der ökologische Zustand ist unbefriedigend. Weiter flussab im Untersuchungsbereich um die Einleitstelle von KW 2, aber noch oberhalb von KW 1, ergibt sich ebenso ein unbefriedigender Zustand mit einem geringfügig höheren Bewertungsergebnis (PS 1_F + PS 2_F).

Im Rahmen der Befischungen zu KW 1 konnte gezeigt werden, dass sich das Bewertungsergebnis der Fischfauna flussab weiter verbessert und ab PS 4_F in einem mäßigen Bereich liegt, der sich auch im Ergebnis der WRRL-Monitoringstelle an der Regnitz (FWK- 2_F044) nach Zusammenfluss von Rednitz und Pegnitz widerspiegelt. Die Werte für PS 4_F und FWK 2_F044 liegen nahe an der ökologischen Klassifizierung für einen guten Zustand (Wertebereich > 2,50 – 3,75).

Eine signifikante Auswirkung der Einleitung durch KW 1 ist folglich nicht erkennbar. Es sei angemerkt, dass die Einleitung nicht isoliert betrachtet werden sollte, da sich die zeitliche oder räumliche Überlagerung weiterer Belastungen in der Summationswirkung kumulierend auswirkt. Insofern gilt für die Gesamtbeurteilung:

- Die Vorschädigung darf sich nicht vergrößern
- Die Qualität aller Einleitungen darf sich nicht verschlechtern (Wasserqualität)
- Es dürfen keine weiteren Eingriffe in das Fließgewässerkontinuum erfolgen, die eine Verschlechterung der Gewässer- und Auestruktur bewirken.

In chemischer Hinsicht, zeigten sich im Untersuchungsgebiet mittlere Ammoniak-N-Konzentrationen von 0,003 mg/l ober- und unterhalb der Einleitung von KW 2 (Kapitel 6.2.2). Gemäß OGewV ist folglich von einer chronischen Dauerbelastung der Gewässerorganismen, insbesondere der Fische auszugehen. Kurzfristig lagen auch deutlich höhere Konzentrationen vor. Eine Reduktion von Ammonium-N, aus welchem letztendlich Ammoniak-N entsteht, sollte bereits oberhalb der Einleitung von KW 2 angestrebt werden, um der Zielerreichung des guten ökologischen Zustands hinsichtlich der QK Fische auf Grund einer erhöhten Ammoniak-N-Konzentration in Zukunft nicht im Wege zu stehen. Unterhalb der Einleitung von KW 1 lagen die Ammoniak-N-Konzentrationen im Jahresmittel gerade noch im Anforderungsbereich der OGewV (2016). Die Gründe für die Verbesserung dieses Parameters im Gewässerverlauf, trotz ansteigender Ammonium-N-Werte, sind in Kapitel 6.3 dargelegt. Auch wenn sich die Ammoniak-Problematik unterhalb KW 1 nicht bestätigte, sind die mit Einleitung von KW 1 erhöhten Ammonium-N- und Nitrit-N-Werte kritisch zu sehen und sollten gesenkt werden. Insbesondere Nitrit-N gilt als fischtoxisch und an Einzelterminen wurden teils deutlich zu hohe Werte gemessen.

Die niedrigen Abundanzen fast aller Leitarten, die hohen Abundanzen der Ubiquisten und die Reproduktionsdefizite der rheophilen und stagnophilen Arten sowie der hohe Anteil der Kurzstreckenwanderer haben folgende Ursachen:

- Störung der Durchgängigkeit durch Querbauwerke
- Staugeprägte Abschnitte infolge der Querbauwerke
- Auswirkungen von Einleitungen aus Klärwerken
- Verlust und/oder Beeinträchtigung von Laich- und Aufwuchshabitaten für strömungsliebende Arten durch Einschwemmungen aus dem Umland
- Lückenhafter Gehölzsaum
- Verlust der Aue aufgrund des Siedlungsdrucks
- Fehlende und/oder verlandete Altgewässer
- Eingeschränkte Eigenentwicklung des Gewässers aufgrund des Siedlungsdrucks

Es ist daher dringend angezeigt, strukturelle Maßnahmen zur Zielerreichung des guten Zustands nach EU-WRRL umzusetzen. Auf Grund der großen Habitatvielfalt würde dieser Flusstyp im naturnahen Zustand eine artenreiche Fischzönose des Epipotamals, die abhängig vom jeweiligen Gewässer von hyporhithralen und metapotamalen Elementen begleitet werden kann, beherbergen. Typische Arten des Hauptgerinnes (Cyprinidengeprägtes Gewässer des Rhithrals) sind die Fluss-Cypriniden, wie Barbe, Döbel, Hasel, Nase (nicht überall) und der regional verbreitete Schneider, aber auch Arten, wie Gründling oder Rotaugen. Die in der Regel breite Flussaue mit zahlreichen Auegewässern und Nebengerinnen ermöglicht zudem das Auftreten typischer Auearten, wie z. B. Rotfeder, Schleie oder Schlammpeitzger. Wanderfische, wie z. B. der Lachs können ebenfalls auftreten (vgl. Pottgiesser, T. 2018).

Maßnahmenvorschläge

Fische reagieren sehr schnell auf Veränderungen des Gewässerkontinuums und sie stehen mit den anderen Qualitätskomponenten in direkter Beziehung. Eine Annäherung der Fischfauna an die Referenz lässt sich oft durch Maßnahmen, die im Rahmen der Gewässerunterhaltung durchgeführt werden können, erreichen. Es werden folgende Maßnahmenvorschläge gemacht. Detaillierte Erläuterungen hierzu finden sich in Bäumler (2020) in Anhang I:

- **Flussraumkonzept**

Ein Flussraumkonzept (FRK) bietet ein optimales Instrument, um verschiedene Planungen und Vorhaben zusammenzuführen ohne in die jeweiligen Planungshoheiten der einzelnen Disziplinen einzugreifen. Die Beteiligung der Öffentlichkeit in einem frühen Stadium schafft Vertrauen, bindet die Menschen ein und erhöht die Bereitschaft für ein Engagement gegenüber „ihrer“ Stadt. Gemäß Hr. Bäumler haben Erfahrungen in Regensburg gezeigt, dass sich kompetente Ansprechpartner herauskristallisieren, die z.B. als Vertreter der einzelnen Interessengruppen bei Besprechungsterminen mit Vertretern der Stadt (Umweltamt und SUN), der Ämter und der Planungsbüros tragfähige Vorschläge erarbeiten und eine weitgehend konfliktfreie Umsetzung garantieren.

Für die Städte Nürnberg und Fürth empfiehlt Hr. Bäumler ein gemeinsames Flussraumkonzept nach dem Muster von Regensburg zu entwickeln. Seit Jahren sind Flussraumkonzepte für größere Städte, die von Flüssen und Wasserschiffahrtsstraßen durchflossen werden ein zentrales Anliegen der entsprechenden Flussallianzen. Verschiedene Fachplanungen zeigen zwar Parallelen zu einem FRK aber sie reichen nicht aus, um diesem gerecht zu werden. Deshalb sollten sich alle Akteure an einem „Runden Tisch“ zusammenfinden, um ein FRK ins Leben zu rufen. Hr. Bäumler gibt an, dass hierzu die Donau-Naab-Regen-Allianz (DoNaReA) Unterstützung leisten könnte.

- **Maßnahmenprogramm und Umsetzungskonzepte nach EU-WRRL**

Laut der Wasserkörper-Steckbriefe Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021) sind folgende Maßnahmen geplant:

- LAWA-Code 3: Ausbau kommunaler Kläranlagen zur Reduzierung der Phosphoreinträge
- LAWA-Code 502: Durchführung von Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben
- LAWA-Code 508: Vertiefende Untersuchungen und Kontrollen

- **Vorgeschlagener Maßnahmenplan**

Zur Verbesserung des Lebensraums für Fische im Untersuchungsgebiet werden neben bereits genannten Maßnahmen folgende Strukturverbesserungen vorgeschlagen, die in Tab. 43 tabellarisch dargestellt sind:

- **Entlandung, Modellierung und Sandfang Beginn PS 1_F und stromab bis Ende der Verzweigung auf Höhe KW 2**

Nach Beginn von PS 1_F sind im rechten Flussarm Ablagerung von Feinsedimenten, Schlamm und Geschiebe zu beobachten. Deshalb müsste Sohlmaterial entfernt und/oder modelliert werden, um das Abflussgeschehen dynamischer zu gestalten. Darüber hinaus sollte ein Sandfang am Beginn der Verzweigung auf Höhe KW 2 gebaut werden, um künftige Ablagerungen zu minimieren.

- **Errichtung von Pendelrampen**

Anstelle der Rauen Rampen werden Pendelrampen vorgeschlagen (Abb. 45, Abb. 48). Eine Pendelrampe ist naturnäher und durch die Beckenstruktur können wichtige Aufstiegsriterien wie Lockströmung, Ruhezone aber auch Schaffung von Teillebensräumen besser umgesetzt werden. Für eine hydraulische Entlastung bei Hochwässern könnten Entlastungsrinnen sorgen, die gleichzeitig den Kanufahrern eine Durchfahrt ermöglichen.

- **Laichplatzrestaurierung unterhalb der Pendelrampen**

Eine Laichplatzrestaurierung durch Umlagerung und Einbringen von Sohlsubstrat ist im Unterwasser der vorgeschlagenen Pendelrampen dringend angezeigt, weil hier bis dato staugeprägte Verhältnisse die Morphologie prägen. Zur besseren Durchströmung dieser Areale könnten strömungslenkende Maßnahmen (Totholz, Störsteine und Steinschüttungen), welche die Strömungsverhältnisse stromab beeinflussen (Abb. 46, Abb. 47), beitragen. Auch hier gilt es eine Erfolgskontrolle (Monitoring) erst zwei bis vier Jahre nach Abschluss der Bauarbeiten zu beginnen, um dann die Feinjustierung der Maßnahmen vorzunehmen und damit eine weitere Verbesserung der Morphologie zu erreichen.

- **Schaffung und Anbindung Altgewässer**

Die aktuellen Untersuchungen haben ein Defizit an Stilllebensräumen wie Altgewässer aufgezeigt. In natürlichen Auelandschaften größerer Flüsse verlanden auch Altgewässer, aber an anderen Stellen bilden sich durch die Eigendynamik neue Auenstillgewässer. In anthropogen überprägten Auen verlanden Stillwasserlebensräume wesentlich schneller und neue Altgewässer können nicht mehr entstehen, weil den Flüssen kein Raum für eine dynamische Eigenentwicklung, sofern diese überhaupt noch stattfindet, gelassen wird. Deshalb wird die Neuanlage eines Altgewässers zwischen der PS 3 und PS 4 sowie die Anbindung eines Altgewässers (Fuchsloch) vorgeschlagen. Diese Maßnahmen sind für das Gewässerkontinuum enorm wichtig und werden sich auf die stromauf liegenden Probestellen auswirken. Die Anbindung des neuen Altgewässers sollte entgegen der Strömungsrichtung und im Strömungsschatten eines Gleituferabschnitts erfolgen, um mögliche Feinmaterialfrachten an der Anbindungsstelle vorbeizuleiten. Eine Durchströmung des Altwassers beugt einer Eutrophierung vor.

„Flussbegleitende Auenstillgewässer (Altarme, Altgewässer) tragen zur Lebensraumheterogenität bei und sind insbesondere im Potamal, d.h. im Mittel- bis Unter-

lauf größerer Flüsse in der Regel Grundvoraussetzung für eine hohe Fischarten-diversität. Nur in einem vielfältigen Habitatmosaik kann auch eine vielfältige Fisch-fauna existieren.

Die fischökologische Bedeutung intakter Auengewässer liegt insbesondere darin begründet, dass typische limnophile Fischarten des Potamals größerer Flüsse, deren gesamter Lebenszyklus in den Auengewässern stattfindet, vielfältig strukturierte intakte Gewässer benötigen, um langfristig stabile Populationen ausbilden zu können.

*Auf Grund des Rückgangs solcher Auengewässer sind die auf diese Gewässer spezialisierten Arten wie Karausche (*Carassius carassius*), Moderlieschen (*Leucaspius delineatus*) und Schlammpeitzger (*Misgurnus fossilis*) in ihren natürlichen Lebensräumen bereits stark gefährdet. Aber auch rheophile Fischarten benötigen gut strukturierte Auengewässer vor allem als Laich- und Überwinterungshabitate.*

*Nach Kamerad (2001) nutzen die für die Mittelelbe (Sachsen-Anhalt) landschafts-raumbedeutsamen Arten Schlammpeitzger, Steinbeißer (*Cobitis taenia*), Bitterling (*Rhodeus amarus*), Zope (*Abramis ballerus*), Ukelei (*Alburnus alburnus*), Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*), Aland (*Leuciscus idus*), Quappe (*Lota lota*), Aal (*Anguilla anguilla*), Wels (*Silurus glanis*) und Zander (*Sander lucioperca*) Altwässer als Lebensraum, wobei Zope und Rapfen (*Aspius aspius*) vorwiegend große Altwässer oder Altwasserketten besiedelt und der Zander nur in großen trüben Altwässern vorkommt. Ebenfalls auf Altwässer angewiesen sind Hecht (*Esox lucius*) und Güster (*Abramis bjoerkna*).“ (Remy et al. 2009)*

- **Surferwelle**

Derzeit wird eine Surferwelle vom Verein Nürnberger Dauerwelle e.V. im Nebenschluss an der Rauhen Rampe am Ende der PS 3_F gebaut (Abb. 49). Am Bau hat sich auch die Stadt Nürnberg beteiligt. Beim Betrieb wird ein Teil des Abflusses in den Wellenkanal ausgeleitet. Dieser Abflussteil fehlt der Dotation für die Raue Rampe. Die Raue Rampe ist derzeit bei Mittel- und Niedrigwasserabflüssen nicht durchgängig. Deshalb wird ein Umbau der Rauhen Rampe in eine Pendelrampe vorgeschlagen, um eine permanente Durchgängigkeit herzustellen. Folglich sollte der Umbau in eine Pendelrampe und die Verbesserung/Schaffung eines Laichgebietes unterhalb der Pendelrampe als Ausgleichsmaßnahmen gefordert werden.

- **Monitoring nach Maßnahmenumsetzung und Optimierung**

Um die Auswirkungen der vorgeschlagenen baulichen Veränderungen verifizieren zu können, wäre ein Monitoring dringend angezeigt.

Nach Umsetzung der Pendelrampen, Schaffung von Laichplätzen, Bau von Totholz-buhnen sowie der Anbindung bzw. Schaffung der Altwässer sollten bis zum Beginn des Monitorings zwei bis vier Jahre liegen (mindestens ein Hochwasser), um dem Fluss Zeit zu geben, sich auf die geänderten morphologischen Bedingungen (Umlagerungsprozesse, Strukturveränderungen etc.) einzustellen. Solange sollte auch mit parzellenscharfen Restaurierungsmaßnahmen, wie z.B. Restaurierung von

Laichplätzen und Maßnahmen zur Strukturverbesserung (Störsteine, Totholz) gewartet werden.

Durch die geplanten Maßnahmen wird sich das Fließgewässerkontinuum verändern und die Lebensgemeinschaften werden auf diese Veränderung reagieren. Deshalb gilt es, die Bauvorhaben an das Ökosystem „Fluss“ optimal anzupassen.

Es ist wichtig, die Fischereiberechtigten frühzeitig in alle Planungen einzubeziehen und die Maßnahmen zu besprechen. Die Fischereiberechtigten kennen „ihr“ Gewässer und könnten entsprechende Vorschläge zur Eingriffsminimierung unterbreiten.

Die Maßnahmen dürften sich insgesamt auch positiv auf andere Komponenten, insbesondere die Wasserwirbellosen, auswirken.

Tab. 43: Maßnahmenvorschläge zur Strukturverbesserung im Untersuchungsgebiet

Lfd. Nr.	LAWA-Code; BY-Code	Maßnahmenbezeichnung	Maßnahmenbeschreibung
1	61	Maßnahmen zur Gewährleistung des erforderlichen Mindestabflusses	Sohlrampe bei PS 3_F: durch Dotation der Surfelle geht Dotation für vorgeschlagene Pendelrampe verloren
2	69.5	sonstige Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit (z. B. Sohlrampe umbauen/optimieren)	Sohlrampen bei PS 1_F und PS 3_F in Pendelrampen umbauen: Sohlgleite bei PS 2_F in Pendelrampe umbauen
3	70.1	Flächenerwerb zur eigendynamischen Entwicklung	im gesamten Untersuchungsbereich
4	70.2	massive Sicherungen (Ufer/Sohle) beseitigen/reduzieren	im gesamten Untersuchungsbereich
5	70.3	ergänzende Maßnahmen zum Initiieren eigendynamischer Gewässerentwicklung (z. B. Strömunglenker einbauen)	Einbringen von Totholzbühnen im gesamten Untersuchungsbereich
6	71	Maßnahmen zur Habitatverbesserung im vorhandenen Profil	Einbringen von Störsteinen und Totholz, Anlegen von Kieslaichplätzen im gesamten Untersuchungsbereich
7	72.3	punktueller Maßnahmen zur Habitatverbesserung mit Veränderung des Gewässerprofils (z. B. Kiesbank mobilisieren)	Kiesbank mobilisieren im gesamten Untersuchungsbereich
8	72.4	Auflockern starrer/monotoner Uferlinien	im gesamten Untersuchungsbereich
9	73.1	Ufergehölzsaum herstellen oder entwickeln	im gesamten Untersuchungsbereich, hauptsächlich von PS 1_F rechte Uferseite bis Ende KW 2; Ende PS 3_F bis Anfang PS 4_F (beide Uferseiten)
10	73.2	Hochstaudenflur/Röhricht herstellen oder entwickeln	im gesamten Untersuchungsbereich
11	73.3	Ufervegetation erhalten, naturnah pflegen	im gesamten Untersuchungsbereich
12	74.1	Primäraue naturnah wiederherstellen	im gesamten Untersuchungsbereich
13	74.3	Auegewässer/Ersatzfließgewässer neu anlegen	Altgewässer anlegen zwischen PS 3 und PS 4

Lfd. Nr.	LAWA-Code; BY-Code	Maßnahmenbezeichnung	Maßnahmenbeschreibung
1	61	Maßnahmen zur Gewährleistung des erforderlichen Mindestabflusses	Sohlrampe bei PS 3_F: durch Dotation der Surfwelle geht Dotation für vorgeschlagene Pendelrampe verloren
14	75.1	Altgewässer anbinden	Fuchsloch anbinden
15	77.1	Sediment-, Nährstoff- und Schadstoffrückhaltungen im Hauptgewässer anlegen	zwischen Beginn und Ende PS 1_F
16	85.3	Gewässerbett entschlammen	Beginn PS 1_F stromab rechter Flussarm

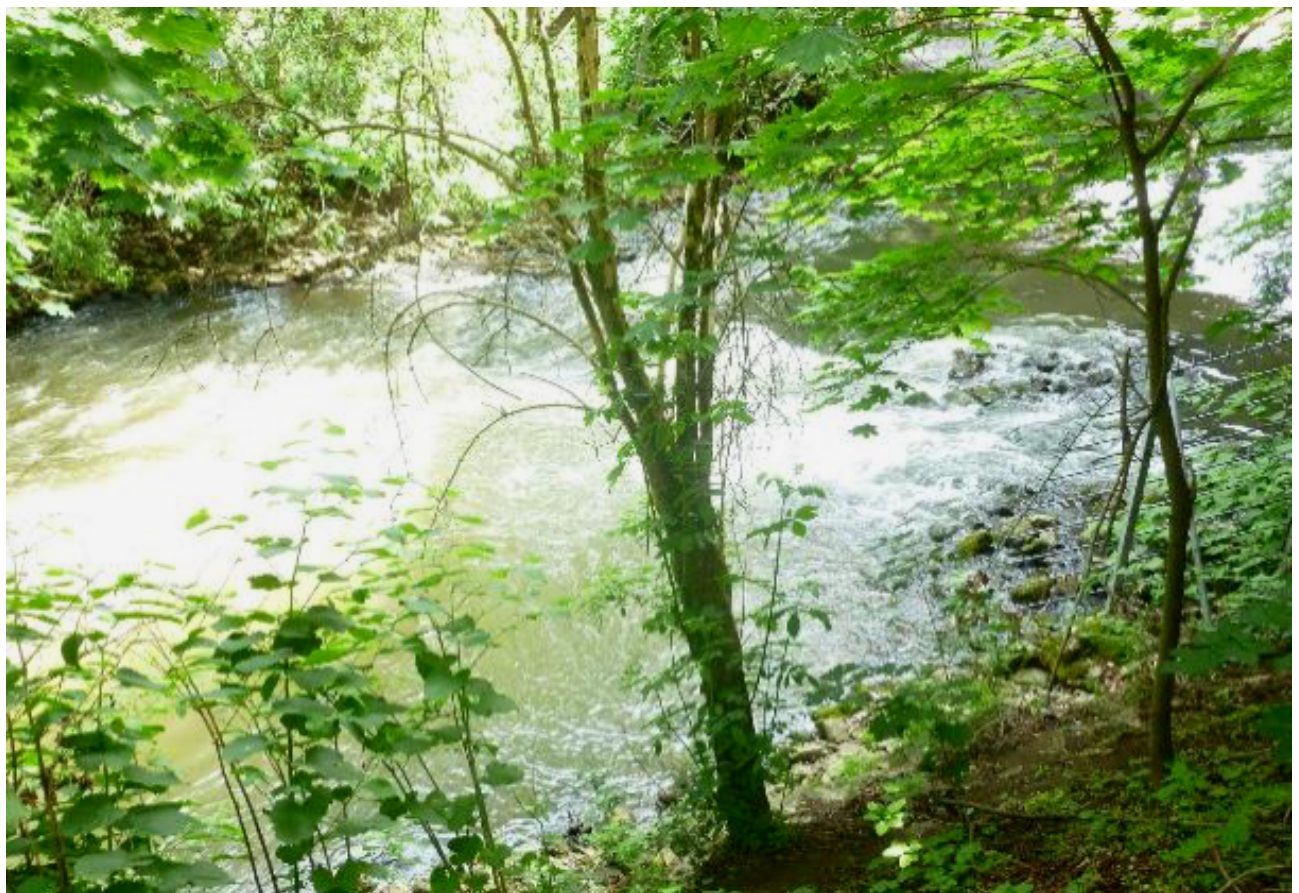


Abb. 45: Raue Rampe bei PS 1_F nicht durchgängig. Empfehlung: Umbau in Pendelrampe und Anlegen eines Kieslaichplatzes im Unterwasser der Pendelrampe. Strukturverbesserung im Bereich der harten Verbauung durch Störsteine und Totholz (Foto: R. Bäumler).



Abb. 46: Empfehlung: Entfernung der Versteinung (Blocksteinschüttung) bei PS 1_F, Einbringen von Störsteinen, Totholzbuhnen und generell Totholz als strömungslenkende Maßnahmen (Foto: R. Bäumlner).



Abb. 47: Empfehlung: Stromauf von PS 2_F Einbringung von Störsteinen und Totholzbuhnen im Bereich der Sohlgleite, Totholz belassen und strömungslenkende Maßnahmen vor der Sohlgleite (Foto: R. Bäumlner)



Abb. 48: Sohlgleite bei PS 2_F ist nur bedingt durchwanderbar. Bei erhöhten Wasserständen wird die Sohlgleite hydraulisch überlastet. Empfehlung: Umbau der Sohlgleite in Pendelrampe, Anlegen eines Kieslaichplatzes im Unterwasser der Pendelrampe und Entfernung der Uferverbauung. Strukturverbessernde Maßnahmen in Form von Störsteinen, Totholzbühnen und allgemein Totholz zur Strömungslenkung. (Foto: R. Bäumlner).



Abb. 49: Raue Rampe bei PS 3_F (nicht durchgängig) mit Baustelle für Surferwelle im Hintergrund des linken Ufers im Oktober 2020. Empfehlung: Umbau in Pendelrampe und Verbesserung des Laichhabitats durch Anlegen eines Kieslaichplatzes in der Strömungsmitte vor dem Prallufer; Einbringen von Störsteinen als Ausgleichsmaßnahme für Surferwelle.



Abb. 50: Empfehlung bei PS 4_F: Entfernung der Versteinung und Einbringung von Störsteinen sowie Totholz (Foto: R. Bäumlner)



Abb. 51: Empfehlung bei PS 4_F (Beginn der Probestrecke): Entfernung der Versteinung, Anlegen von Totholzbunnen zur Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit, Einbringung von Störsteinen, Auflockerung von Kies (Foto: R. Bäumlner)

10 Bioakkumulationstest

Nach der Eigenüberwachungsverordnung ist die Errichtung und der Betrieb von Teichen zur Bioakkumulation für alle Abwasseranlagen zur Behandlung von biologisch abbaubarem Abwasser mit einer Ausbaugröße von 100.000 EW und größer ($BSB_5 \geq 6.000 \text{ kg/d}$) vorgeschrieben (LfU 2012b).

Für die Bioakkumulation werden 10 einsömmerige Karpfen im Teich gehalten, welcher mit gereinigtem Abwasser der jeweiligen Kläranlage beschickt wird. Der Besatz des Bioakkumulationsteiches von KW 1 erfolgte 2019 zum 26.3., wobei Fischgewicht, Fischlänge und Korpulenzfaktor der 10 Karpfen zuvor ermittelt wurden. Entnommen wurden die Fische am 11.11.19. Der Zustand der Fische nach der Bioakkumulation wurde nach erneuter Bestimmung von Gewicht, Länge und Korpulenzfaktor als unauffällig bezeichnet.

Die Analyse der Fischfilets ergab, dass die Orientierungswerte der Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Quecksilber allesamt eingehalten wurden.

Insgesamt fiel der Bioakkumulationstest an KW 1 für das Jahr 2019 folglich unauffällig aus. Durchführung und Dokumentation des Tests (s. Anhang IX) erfolgte durch SUN.

11 Beibeobachtungen

In Gewässern mit hohen Sandanteilen wie der Pegnitz stellt natürliches Totholz ein wichtiges und oftmals lagestabiles Hartsubstrat dar und liefert somit eine bedeutende Habitatstruktur für aquatische Lebewesen wie Fische und Invertebraten (MZB). Die unterschiedlichen Habitateigenschaften von Totholzablagerungen fördern das Vorkommen und die Wiederausbreitung vieler Arten. So dient Totholz unterschiedlichen Gewässerorganismen zur Anheftung, Eiablage und Emergenz, sowie als Jagdrevier, Rückzugsort und Unterstand. Fallbäume und Totholzansammlungen erzeugen ein Mosaik an unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten und Gewässertiefen und fördern somit die Dynamik innerhalb eines Bach- oder Flusssysteme erheblich. Am Beispiel der Mittelbe zeigten Grafahrend-Belau & Brunke (2005) anhand des Individuen-, Biomasse- und Artenreichtums der Totholzzönose die positiven Effekte von Totholz auf die Wiederbesiedlung des ehemals stark verunreinigten Gewässers.

Im Untersuchungsgebiet fiel ca. 200 m oh. der Pegnitzbrücke des Frankenschnellwegs (PS 3) eine in die Pegnitz umgestürzte Weide auf, die mit ihrem Stamm und Astwerk kleinräumig zu einer natürlichen Dynamisierung und lokalen Aufwertung der Struktur- und Habitatvielfalt führte und somit für die Ausbildung einer flussgebietstypischen Gewässerzönose als besonders wertvoll zu beurteilen ist (Abb. 53). Derartige Strukturen wären entlang des Untersuchungsgebietes in höherer Dichte und Regelmäßigkeit zur Erreichung der Zielsetzungen der WRRL wichtig und wünschenswert.

Kein Zufall dürfte es sein, dass Anfang August 2019 unweit flussab eine Exuvie (abgestreifte Larvalhaut) der Grünen Keiljungfer (*Ophiogomphus cecilia*) an Wurzeln der unmittelbaren Ufervegetation gefunden wurde (Abb. 52). Diese Libellenart gilt als Charakterart naturnaher Flüsse und größerer Bäche. Die Grüne Keiljungfer wird gemäß der aktuellen Roten Liste Bayern (2018) in die Kategorie „Vorwarnliste“ eingeteilt und ist in den Anhängen II und IV der FFH-Richtlinie aufgeführt.



Abb. 52: Fund einer Exuvie der Grünen Keiljungfer (*Ophiogomphus cecilia*) an der Pegnitz am 05.08.2019



Abb. 53: Umgestürzte Weide ca. 200 m oberhalb der Pegnitzbrücke des Frankenschnellwegs

12 Zusammenfassung

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für die Neuerteilung einer gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis zur Einleitung der gesammelten und geklärten Abwässer und Niederschlagswässer aus Klärwerk 1 der Stadt Nürnberg in die Pegnitz wurde die ÖKON GmbH zur Erstellung eines gewässerökologischen Gutachtens unter besonderer Berücksichtigung der Zielsetzungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) beauftragt. Im Folgenden werden die Ergebnisse und Erkenntnisse aller durchgeführten Untersuchungen an den drei Probestellen PS 1, PS 2 (beide oberhalb der Einleitung durch KW 1) und PS 3 (unterhalb der Einleitung durch KW 1) hinsichtlich der Einflüsse durch KW 1 auf die wasserchemischen Parameter und biologischen Komponenten der Pegnitz zusammenfassend dargestellt.

Chemische und physikalisch-chemische Parameter

Gemäß Anhang V der WRRL dienen in Fließgewässern die allgemeinen chemischen und physikalisch-chemischen Komponenten (Temperaturverhältnisse, Sauerstoffhaushalt, Salzgehalt, Versauerungszustand, Nährstoffverhältnisse) der unterstützenden Bewertung der biologischen Komponenten. Im Rahmen der Projekte O 3.12 und O 3.15 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2012 der LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) wurde von ube & chromgruen (2014, 2015 & 2017) anhand der bundesweiten WRRL-Monitoringergebnisse der biologischen Qualitätskomponenten (QK) und der chemisch-physikalischen Parameter eine datenbasierte statistische Ableitung von Orientierungswertvorschlägen für die allgemein chemischen und physikalisch-chemischen Parameter (ACP) in Fließgewässern durchgeführt. Unter dem Begriff „Orientierungswert“ eines ACP wird der Wert verstanden, bei dessen Verletzung (d.h. Über- oder Unterschreitung) der ACP eine Größenordnung annimmt, die in aller Regel keinen guten ökologischen Zustand des Gewässers mehr erlaubt, ohne dass es dazu noch eines weiteren ACP mit Orientierungswertverletzung brauchen würde (ube & chromgruen 2014). Mit Ausnahme des Orientierungswertvorschlags für Chlorid fanden sämtliche andere Vorschläge Eingang in die 2016 novelierte Oberflächengewässerverordnung (OGewV).

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse von Juni 2019 bis März 2020 (10 Messdurchgänge) zeigten unter Berücksichtigung der Abfluss- und Temperaturverhältnisse, dass die Einleitungen gereinigter Abwässer aus KW 1 unterschiedliche Einflüsse auf die wasserchemischen Gegebenheiten der Pegnitz hatten.

Hinsichtlich der chemisch-physikalischen Parameter zeigte sich eine weitere Zunahme der Gewässertemperatur unterhalb KW 1, die bereits oberhalb infolge der Einleitwässer aus KW 2 festgestellt wurde. Die Vorgaben der OGewV (2016) zum Maximaltemperaturbereich (Sommer/Winter) konnten dennoch stets eingehalten werden. Auch die Vorgabe zur Temperaturdifferenz zwischen ober- und unterhalb einer Einleitstelle wurde im Jahresmittel erfüllt. In der Summation der beiden Klärwerkseinleitungen war jedoch an einzelnen Terminen die Temperaturdifferenz knapp im akzeptablem Grenzbereich bzw. einmal überschritten.

Die Einleitwässer hatten zudem Einfluss auf den Sauerstoffhaushalt der Pegnitz. An allen Messdurchgängen wurden unterhalb der Einleitung von KW 1 merklich niedrigere Sauerstoffkonzentrationen und -sättigungswerte festgestellt. Im Jahresmittel attestierten die Werte jedoch an allen Probestellen einen „sehr guten Zustand“ nach OGewV (2016).

Ferner zeigte sich ein Anstieg der Leitfähigkeitswerte unterhalb KW 1 infolge höherer Chlorid- und Natriumkonzentrationen. Der Leitwertbereich der Leitfähigkeit für Gewässer des Typs 9.2 wurde jedoch stets eingehalten. Die deutliche Zunahme der Chloridkonzentrationen unterhalb KW 1 (PS 3) im Vergleich zu oberhalb (PS 1, PS 2) machte sich auch in einem Abfall der Bewertungskategorie von „sehr gut“ zu „gut“ gemäß OGeV (2016) bemerkbar. Unter Anwendung des strengeren Orientierungswertes nach Uebe & Chromgruen (2014) würden die Chloridkonzentrationen unterhalb der Einleitung von KW 1 knapp nicht mehr den Bereich des „guten ökologischen Zustands“ widerspiegeln. Alle weiteren gemessenen Ionenkonzentrationen (Magnesium, Calcium, Sulfat) waren weitgehend unauffällig.

Für die pH-Werte in der Pegnitz ergab sich infolge der KW 1-EL eine weitere leichte Absenkung, die bereits zuvor durch die Einleitwässer aus KW 2 festgestellt wurde. Der pH-Wert bewegte sich jedoch stets im Normbereich.

Im Rahmen der Schwermetallanalytik (Chrom, Kupfer, Zink, Cadmium, Quecksilber, Eisen, bioverfügbares Blei und Nickel) ergaben sich im gesamten Untersuchungsgebiet und somit auch unterhalb KW 1 keine wesentlichen Auffälligkeiten, die zur Verletzung der Orientierungswertvorgaben nach OGeV (2016) beitragen würden. Dies galt auch für die Abwasserparameter (TOC, DOC, BSB₅). Gewisse Konzentrationszunahmen (TOC, DOC) waren zwar messbar, lagen jedoch in einem unbedenklichen Bereich. Ein einzelner massiv erhöhter CSB-Wert oberhalb der beiden KW-Einleitungen (PS 1), dessen Ursache unklar ist, führte dort letztendlich zu einem erhöhten Jahresmittelwert, welcher für PS 2 und PS 3 jedoch nicht bestätigt werden konnte.

Eine deutliche Zunahme erfuhren unterhalb der Einleitung von KW 1 die Gesamtphosphor- und ortho-Phosphat-P-Konzentrationen, so dass die Orientierungswerte gemäß OGeV (2016) an den Einzelmessungen sowie im Jahresmittel deutlich überschritten wurden. Bereits die Einleitwässer von KW 2 führten hinsichtlich der Gesamtphosphorkonzentrationen zu gewissen Zunahmen, lagen jedoch noch im Rahmen der Vorgaben der OGeV (2016).

Die Nährstoffanalysen ergaben ferner eine gewisse Vorbelastung der Pegnitz mit Ammonium-N, wobei der Jahresmittelwert den Vorgaben der OGeV (2016) entsprach. Die Einleitung der Kläranlagenwässer von KW 2 führte an einigen Einzelterminen zu Konzentrationsanstiegen flussab, was sich unterhalb KW 2 auch in einem höheren Jahresmittelwert im Vergleich zu oberhalb äußerte, der gerade noch so die Anforderungen der OGeV (2016) erfüllte. Mit Einleitung von KW 1 wurde die Orientierungswertvorgabe für Ammonium-N im Jahresmittel in der Pegnitz deutlich überschritten. Hier ist Handlungsbedarf erforderlich, um die Ammonium-Emissionen von KW 1 zu senken.

Während oberhalb von KW 1 (PS 1 und PS 2) noch fischgiftiger Ammoniak in möglicherweise chronisch schädlichen Konzentrationen vorlag, konnte dies für unterhalb KW 1 (PS 3) nicht bestätigt werden. Hier wurde die Orientierungswertvorgabe nach OGeV (2016) gerade noch eingehalten, was auf einen niedrigeren pH-Wert der Pegnitz (unterhalb der Einleitung von KW 1) und dessen Einfluss auf das Dissoziationsgleichgewicht zwischen Ammonium und Ammoniak zurückzuführen ist.

Die Konzentrationen an Nitrat-N, die ebenfalls bereits im Referenzbereich erhöhte Werte aufwiesen, erfuhren im Zuge der Klärwerkseinleitungen eine weitere Zunahme, lagen aber umgerechnet in Nitrat noch unter dem Grenzwert der Umweltqualitätsnorm nach OGeV (2016).

Ein bedenkliches Ausmaß nahmen die Konzentrationen an fischtoxischem Nitrit unterhalb der Einleitung von KW 1 an. An den meisten Einzelmessungen sowie im Jahresmittel wurde der entsprechende Orientierungswert für Nitrit-N nach OGewV (2016) teils massiv überschritten. Für diesen Parameter besteht dringender Handlungsbedarf.

Einfluss von Niederschlagsereignissen auf die Gewässerchemie

Anhand der kontinuierlichen Messungen der ARGE im Bereich der Theodor-Heuss-Brücke und unter Verwendung von Niederschlagsdaten der Wetterstation Nürnberg Flughafen konnte gezeigt werden, dass bei stärkeren Regenfällen die Konzentrationen an Ammonium-N und ortho-Phosphat-P in der Pegnitz merklich bis massiv anstiegen. Es ist davon auszugehen, dass Mischwasserentlastungen, oberstromig liegende Klärwerke sowie ggf. auch diffuse Einträge, z. B. aus landwirtschaftlichen Flächen, für die Konzentrationsanstiege verantwortlich sind. Teils massiv erhöhte Ammonium-N-Konzentrationen sollten insbesondere angesichts der Ammoniak-Problematik zu denken geben.

Schadstoffanalytik aus der Eigenüberwachung und PFT-Untersuchungen durch SUN

Die Schadstoffanalytik aus dem Jahr 2018 ergab keine Auffälligkeiten. Allerdings konnte für Benzo(a)pyren und Quecksilber keine Bewertung gemäß OGewV erfolgen, da die Bestimmungsgrenze des Labors für beide Parameter zu hoch lag. Im Rahmen der PFT-Untersuchungen ergaben sich teils hohe Ablaufwerte an KW 1 (und KW 2), was zu erhöhten Werten von Perfluoroktansulfonat (PFOS) und seiner Derivate in der Pegnitz (bestätigt durch aktuelle Erhebungen der Wasserchemie durch das WRRL-Monitoring) beitragen dürfte. Da PFOS als prioritärer Stoff eingestuft ist und zudem toxische Effekte belegt sind, ist Handlungsbedarf erforderlich.

Arzneimitteluntersuchungen durch SUN

Die Arzneimitteluntersuchungen von SUN (2011) wiesen auf hohe Einträge an Röntgenkontrastmittel (Iopamidol, Amidotrizoesäure), sowie den Blutdrucksenker Metoprolol, das Antibiotikum Sulfamethoxazol, das Antiepileptikum Carbamazepin und die Analgetika Ibuprofen, Naproxen und Diclofenac hin. Für Sulfamethoxazol und Diclofenac sind toxische Effekte auf die aquatische Flora und Fauna beschrieben. Nach Angaben von SUN (2011) könnte der für die OGewV 2010 vorgeschlagene Wert der UQN (nicht umgesetzt in OGewV 2016) in der Pegnitz infolge der Einleitungen durch KW 1 und KW 2 überschritten werden.

Biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos

Die biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos erfüllte an der Referenzstrecke (PS 1) sowie jeweils unterhalb KW 2 (PS 2) und KW 1 (PS 3) die WRRL-Vorgaben und war jeweils einem „guten ökologischen Zustand“ zuordenbar. Während das Modul Saprobie (Maß der organischen Belastung) an allen drei Probestellen vergleichbare Ergebnisse lieferte, schnitt die Allgemeine Degradation oberhalb der beiden Klärwerkseinleitungen etwas besser ab. Dies war auf bessere Bewertungsergebnisse der EPT-Taxa (Eintagsfliegen, Köcherfliegen, Steinfliegen) sowie auf etwas mehr flussgebietstypische Faunenelemente zurückzuführen. Die Auswertungen funktioneller Gruppen sowie der Biodiversität ließen keine auffälligen Unterschiede zwischen den drei Probestellen erkennen. Ein Negativeinfluss von KW 1 auf die Besiedlungsstruktur der QK Makrozoobenthos kann angesichts der Ergebnisse der ACP (Ammonium-N, Nitrit-N) und beispielsweise

für nicht erhobene chemische Parameter nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Zusammenfassend lag jedoch keine Verschlechterung des ökologischen Zustands der QK Makrozoobenthos im Sinne der WRRL (Klassenabfall) infolge der Klärwerkseinleitung vor.

Biologische Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos inkl. Diatomeen

Anhand der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos inkl. der Diatomeen zeigte sich an allen Untersuchungsstellen eine erhöhte Belastung mit Nährstoffen, die sich in der Artenzusammensetzung der Einzelkomponenten, die von Störzeigern und unsensiblen Arten dominiert wurde, widerspiegelte. Im Gesamtergebnis zeigte sich - möglicherweise auch auf Grund der deutlichen Ausgangsbelastung - kein messbarer Einfluss von KW 1 im Vergleich zu oberhalb liegenden Untersuchungsstellen. Alle Probestellen wurden mit einer „mäßigen ökologischen Zustandsklasse“ bewertet. Angesichts der teils deutlich erhöhten Phosphorkonzentrationen (Gesamtphosphor, ortho-Phosphat-P) unterhalb der Einleitung von KW 1, die sich im Untersuchungszeitraum im Rahmen der wasserchemischen Analysen ergaben, ist jedoch davon auszugehen, dass die derzeitige Einleitsituation der Zielerreichung „guter ökologischer Zustand“ gemäß WRRL im Wege stehen würde. Der Nährstoff Phosphor, insbesondere pflanzenverfügbares ortho-Phosphat, stellt in der Regel in aquatischen Systemen den limitierenden Faktor für das Pflanzenwachstum dar und bewirkt bei erhöhten Konzentrationen mitunter starke Düngeeffekte auf die aquatische Flora. Gründe für die ebenfalls lediglich mäßige Zustandsklasse der QK Makrophyten & Phytobenthos oberhalb KW 1 trotz akzeptabler Jahresdurchschnittswerte für Phosphor könnten in diskontinuierlichen Belastungen (Mischwässer, diffuse Einträge) oder aber auch in Schwächen der Bewertungssoftware liegen.

Biologische Qualitätskomponente Fischfauna

Anhand der Erhebung der Fischfauna mittels Elektro-Befischung ergab sich im Einflussbereich von KW 1 ein „mäßiger ökologischer Zustand“ und somit im Vergleich zu weiter flussauf liegenden Probestellen (PS 1_F und PS 2_F sowie der WRRL-Stelle FWK 2_F037 zwischen Großweidenmühlsteg und Kettensteg), die allesamt als „unbefriedigend“ eingestuft wurden, eine leichte Verbesserung. Das nachgewiesene Fischinventar wies überall deutliche Unterschiede zur Referenzzönose (potentiell vorzufindende Fischzönose des Gewässertyps) insbesondere bei den Leitarten auf. Diese waren deutlich unterrepräsentiert. Die Bestandsdichten und die Diversität waren insbesondere bei PS 1_F, PS 2_F und PS 3_F als sehr gering zu beurteilen. Die Fangergebnisse indizierten eine gestörte Altersstruktur und ein Reproduktionsdefizit, welches u. a. auf Defizite bei Laich- und Aufwuchshabitaten, insbesondere für anspruchsvollere rheophile (strömungsliebende) Fischarten, zurückzuführen ist.

Insgesamt spiegelt die aktuelle Fischzönose ein anthropogen überprägtes Gewässerkontinuum wider. Eine signifikante Auswirkung von KW 1 auf die Fischzönose war nicht erkennbar. Neben strukturellen Maßnahmen zur Verbesserung des Lebensraumes der Fische sollten die Ammonium-N- und Nitrit-N-Ablaufwerte von KW 1 reduziert werden.

Die Karpfenhälterung 2019 im Bioakkumulationsteich von KW 1 sowie die anschließende Laboranalyse der Fischfilets im Herbst ergaben keine Auffälligkeiten.

13 Fazit der Untersuchungen und Empfehlungen

Die gewässerökologischen und chemischen Untersuchungen an der Pegnitz als wesentlicher Beitrag zum Genehmigungsverfahren für die Neuerteilung einer gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis ergaben im Wesentlichen keine messbar signifikanten Negativeffekte der Einleitungen von Klärwerk 1 Nürnberg (KW 1) auf die biologischen Qualitätskomponenten (QK) der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), Makrozoobenthos, Makrophyten & Phytobenthos sowie Fische. Mit Ausnahme der QK Makrozoobenthos befindet sich im betroffenen Flusswasserkörper derzeit jedoch keine der anderen beiden Qualitätskomponenten in einem „guten ökologischen Zustand“, der nach WRRL bis spätestens 2027 erreicht werden soll. Um diesem Ziel (Verbesserungsgebot) nicht im Wege zu stehen sind wasserchemische und gewässerstrukturelle Verbesserungen anzustreben: Für eine Vielzahl der untersuchten chemischen Parameter liegen auch nach Einleitung der aufgereinigten Wässer von KW 1 gute bis akzeptable Werte in der Pegnitz vor. Dennoch sollten nach Möglichkeit die Orientierungswertvorgaben der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) für alle Parameter eingehalten werden, um günstige wasserchemische Voraussetzungen für flussgebietstypische Lebensgemeinschaften zu schaffen. Insbesondere sollten jedoch Parameter, für welche Umweltqualitätsnormen (UQN) gemäß OGewV (2016) definiert sind, in geforderten Konzentrationsverhältnissen vorliegen. Auf Grund der UQN-Überschreitungen durch den prioritären Stoff Perfluoroktansulfonat (PFOS) sowie durch den flussgebietsspezifischen Stoff Kupfer (Schwebstoffanteil) ist der chemische Zustand des Flusswasserkörpers (ohne Betrachtung von Quecksilber) derzeit gemäß WRRL-Monitoring als „nicht gut“ einzustufen.

Es werden daher folgende Empfehlungen zur Verbesserung der Wasserchemie in der Pegnitz gemacht (Überschreitungen der UQN durch Kupfer konnten anhand der Untersuchungen durch ÖKON nicht festgestellt werden):

- Reduktion von Ammonium-N im Ablauf von KW 1 zur Einhaltung des Orientierungswertes nach OGewV (2016) in der Pegnitz
- Reduktion von Nitrit-N im Ablauf von KW 1 zur Einhaltung des Orientierungswertes nach OGewV (2016) in der Pegnitz
- Reduktion von Gesamtphosphor und ortho-Phosphat-P im Ablauf von KW 1 zur Einhaltung der jeweiligen Orientierungswerte nach OGewV (2016) in der Pegnitz
- nach Möglichkeit Reduktion von Chlorid im Ablauf von KW 1 zur Einhaltung des strengeren Orientierungswertes von ube & chromgruen (2014) in der Pegnitz
- Klärung der Herkunft und Reduktion von Polyfluorierten Tensiden (PFOS, PFOA) im Ablauf von KW 1 bzw. am Ort der Entstehung (z. B. Indirekteinleiter)
- Reduktion der Einträge von Arzneimittelwirkstoffen (Diclofenac, Sulfamethoxazol) sowie des Röntgenkontrastmittels Iopamidol. Für letzteres empfiehlt sich eine weitergehende Reinigungsstufe (Pulveraktivkohle) ggf. am Ort des Anfalls (z. B. Krankenhäuser), da die Elimination in der Kläranlage gering ist. Bei zukünftigen Untersuchungen sollten auch die wichtigsten Metabolite diverser Arzneimittelstoffe quantifiziert werden, um die Aussagekraft weiter zu steigern

- Reduktion der Wassertemperatur im Ablauf von KW 1 (möglicherweise in Verbindung mit der Umsetzung einer Wärmepumpe)
- Erhöhung des Sauerstoffgehalts im Ablauf von KW 1 (Sauerstoffhöhung in der Pegnitz auch über hydromorphologische Maßnahmen im Gewässer, z. B. Einbringung von Totholz, möglich)
- Reduktion von Ammonium-N-Einträgen oberhalb des Untersuchungsgebietes zur allgemeinen Senkung der Ammonium-N-Konzentrationen und zur Einhaltung des Orientierungswertes für Ammoniak-N nach OGewV (2016) in der Pegnitz. Es ist zudem zu prüfen, ob oberhalb des Untersuchungsgebietes Einleitungen erfolgen, die den pH-Wert der Pegnitz anheben und dadurch die Gefahr der Ammoniakbildung steigern.
- Reduktion von Ammonium-N- und Phosphoreinträgen bei Niederschlagsereignissen infolge diffuser Einträge und Mischwasserentlastungen (gilt auch für Fließstrecken oberhalb des Untersuchungsgebietes), um der Gefahr der Ammoniakbildung entgegen zu wirken

Ferner ergeben sich infolge struktureller Defizite insbesondere hinsichtlich der Habitatausstattung für die QK Fische hydromorphologische und landschaftsökologische Maßnahmenempfehlungen für die Pegnitz im Bereich des Untersuchungsgebietes, von welchen auch andere Lebewesen, z. B. die wasserwirbellosen Tiere, profitieren. Im Folgenden findet sich eine Auswahl an Maßnahmenvorschlägen. Eine ausführliche Darstellung kann Kapitel 9.5 entnommen werden:

- Wiederherstellung der Durchgängigkeit durch Errichtung von Pendelrampen anstelle der derzeitigen Rauen Rampen
- Schaffung und Anbindung von Altgewässern (z. B. Fuchsloch)
- Laichplatzrestaurierung unterhalb der Pendelrampen
- Einbringung von Totholz zur Dynamisierung und Habitatverbesserung bzw. Habitatschaffung
- Entfernung der Blocksteinschüttungen zur Ufersicherung, wenn möglich
- Flächenerwerb zur eigendynamischen Entwicklung
- Entwicklung bzw. Wiederherstellung eines Ufergehölzsaums zur Reduktion erosiver Prozesse und zur Beschattung des Gewässers
- Erstellung eines Flusstraumkonzeptes

Es ist davon auszugehen, dass der derzeit gültige sowie im Zuge des aktuellen Wasserrechtsverfahrens erneut beantragte Ausbauzustand von 1,4 Millionen EW für KW 1 und 230.000 EW für KW 2 (maximal ca. 1,6 Millionen EW für beide KW zusammen) potentiell keine weiteren negativen Auswirkungen auf die Gewässergüte der Pegnitz hat, wenn sich im Vergleich zum derzeitigen Istzustand - die derzeitige Belastung der beiden KW liegt insgesamt bei ca. 1,2 Millionen Einwohnerwerte - keine wesentlichen quantitativen und qualitativen Veränderungen am Ablauf der Klärwerke ergeben und unter Berücksichtigung der derzeitigen gewässerökologischen und -morphologischen Situation des Vorfluters (Verschlechterungsverbot). Desweiteren gelten oben genannte Maßnahmenempfehlungen, um dem „guten ökologischen Zustand“ nicht im Wege zu stehen (Verbesserungsgebot).

Es sei angemerkt, dass sich potentielle Veränderungen des Vorfluters, z.B. in Folge klimatischer Effekte, wie zunehmende Niedrigwasserphasen und vermehrte Starkregenereignisse mit möglicherweise häufigeren Mischwasserentlastungen und Flächenabschwemmungen sowie durch allgemein veränderte Einleitsituationen flussauf des Untersuchungsgebietes (z. B. veränderte Einleitwerte und -mengen weiterer Kläranalgen) oder durch Anschluss weiterer Baugebiete bzw. abwasserintensive Industrie- und Gewerbegebiete im Einzugsbereich der Nürnberger KW - um nur einige Beispiele zu nennen - sich insbesondere im Unterlauf (Untersuchungsgebiet) potenzieren dürften. Da folglich viele verschiedene Faktoren auf Gewässer einwirken können, sind langfristige und vor allem verlässliche Prognosen schwierig bis unmöglich zu treffen. Es empfiehlt sich bei entsprechenden Änderungsvorhaben die aktuell vorliegende Gewässersituation jeweils neu zu bewerten und Summationseffekte zu berücksichtigen.

14 Literaturverzeichnis

- Baier (2013): Parameter zur Bewertung einer Wasserprobe, Universität Erlangen
- Bäumler, R. (2020): Fachbeitrag Fischerei für das Klärwerk 1, Gehobene wasserrechtliche Erlaubnis für die Klärwerke 1 und 2 im Stadtbereich von Nürnberg, Einleitungen in die Pegnitz - im Auftrag der ÖKON GmbH, Kallmünz.
- Bayerische Staatskanzlei (2018): „Verordnung zur Ausführung des Bayerischen Fischereigesetzes (AVBayFiG)“: Fassung der Bekanntmachung vom 10. Mai 2004 (GVBl. S. 177, 178, ber. S. 270) BayRS 793-3-L, die zuletzt durch Verordnung vom 17. Juli 2018 (GVBl. S. 633) geändert worden ist: § 11 Fangbeschränkungen nach Zeit und Maß.
- Binot, M., Bless, R., Boye, P., Gruttke, H., Pretscher, P. (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. –Bundesamt für Naturschutz, Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 55: 434 S.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2006): Wasserwirtschaft in Deutschland; Teil 2 - Gewässergüte, Berlin.
- Bohl, E., Kleisinger, H., Leuner, E. (2003): Rote Liste gefährdeter Fische (Pisces) und Rundmäuler (Cyclostomata) Bayerns.
- Bohl, M. (1999): Zucht und Produktion von Süßwasserfischen, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Dussling, U. (2009a): „Handbuch zu fiBS – Schriftenreihe des Verbandes Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler e.V., Heft 15, Version 8.1.1.“: VDF (Hrsg.), Januar 2009 mit Ergänzung Oktober 2014.
- Dussling, U. (2014a): Fischbasiertes Bewertungssystem für Fließgewässer – fiBS– Version 8.1.1, Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg, Stand Oktober 2014.
- Dussling, U. (2014b): „Technische Dokumentation zu fiBS Version 8.1.1“: Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg, Stand Oktober 2014.
- Emerson, K., Russo, R. C., Lund, R. E., Thurston, R. V. (1975). Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. Journal of the Fisheries Board of Canada, 32(12), 2379-2383.
- Fischereiverein Nürnberg e.V. (2020a): Fangordnung 2020 - <http://www.fvn-online.de/docs/Fangordnung2020.pdf>, letzter Zugriff: 10.10.2020.
- Fischereiverein Nürnberg e.V. (2020b): Jahresfangmeldungen online - <http://www.fvn-online.de/index.php?content=jahresmeldungen>, letzter Zugriff: 07.07.2020.
- Fischereiverein Nürnberg e.V. (2020c): Gewässer des Fischereiverein Nürnberg e.V.: https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=169nZ8KOTghNMWuZca_P3cgnZ40w&ll=49.53914932778274%2C13.189327641694089&z=8;, Zugriff: 07.07.2020
- Freyhof, J. (2009): Rote Liste der im Süßwasser reproduzierenden Neunaugen und Fische (Cyclostomata & Pisces).“ – In: Haupt, H., Ludwig, G., Gruttke, H., Binot-Hafke, M., Otto, C. & Pauly, A. (Bearb.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band

- 1: Wirbeltiere. – Bonn (Bundesamt für Naturschutz). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (1): 291–316.
- Grafarend-Belau, E., Brunke, M. (2005): Die Besiedlung von Totholz und anderen Sohlsubstraten der unteren Mulde und mittleren Elbe durch aquatisch lebende Wirbellose. In: Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt, 42 (2). S. 13 – 24.
- Gruttke, H., Binot-Hafke, M., Balzer, S., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G., Matzke-Hajek, G., Ries, M. (2016): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands - Band 4: Wirbellose Tiere (Teil 2) - Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- Hofmann, G., Werum, M., Lange-Bertalot, H. (2013): Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa, Koeltz Scientific Books, 2013.
- Hübner (2003): Die Ableich- und Interstitialphase der Äsche (*Thymallus thymallus* L.). Grundlagen und Auswirkungen anthropogener Belastungen
- Kohler, A. (1978): Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. Landschaft + Stadt 10/2: 73-85.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2003): Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2012b): Merkblatt Nr. 4.7/4 - Bioakkumulation bei Abwasseranlagen für biologisch abbaubares Abwasser.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2015a): Wasserkörper-Steckbrief Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021): Flusswasserkörper 2_F037 „Pegnitz von Nürnberg-Kettensteg bis Zusammenfluss mit Rednitz“.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2015b): Wasserkörper-Steckbrief Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021): Flusswasserkörper 2_F038 „Pegnitz von Einmündung Tiefgraben bis Nürnberg-Kettensteg“.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2015c): Wasserkörper-Steckbrief Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021): Flusswasserkörper 2_F035 „Pegnitz von Einmündung Röttenbach bis Einmündung Tiefgraben“.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2015d): Wasserkörper-Steckbrief Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021): Flusswasserkörper 2_F036 „Pegnitz von Einmündung Flembach bis Einmündung Röttenbach“.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2015e): Wasserkörper-Steckbrief Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021): Flusswasserkörper 2_F034 „Pegnitz bis Einmündung Flembach, Fichtenohe bis Pegnitz“.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2015f): Erfassung und Bewertung der Gewässerstruktur (Bayerisches Vor-Ort-Verfahren) - Version 4: August 2015
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (Hrsg.) (2012a): Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos.
- LfU (Landesamt für Umwelt) (2017): Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns.

- LfU (Landesamt für Umwelt) (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der Libellen (Odonata) Bayerns.
- Lloyd, R. (1992): Pollution and Freshwater Fish. Trustees. The Buckland Foundation.
- LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (2015): Leitfaden Gewässerbezogene Anforderungen an Abwassereinleitungen - Stand Dezember 2015.
- Meier, C., Böhmer, J., Rolaufts, P., Hering, D. (2006b): Kurzdarstellungen „Bewertung Makrozoobenthos“ & „Core Metrics Makrozoobenthos“.
- Meier, C., Haase, P., Rolaufts, P., Schindehütte, K., Schöll, F., Sundermann, A., Hering, D. (2006a): Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung. Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL).
- miller ingenieurbüro (2020) - Aktenvermerk vom 26.08.2020- Klärwerke 1+2 in Nürnberg, Zwischenstand der Bearbeitung für die Unterlagen zum wasserrechtlichen Verfahren
- OGewV - Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässer-verordnung) (2016): Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz.
- Peters, G. Hoffmann, R., Klinger, H. (1984): Environment-induced gill disease of cultured rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture 38: 105-126
- Pitter, P. (1999): Hydrochemie. Verlag der Chemisch-technologischen Hochschule in Prag (VSCHT) 1999. 3. neubearbeitete Auflage.
- Pottgiesser, T. (2018): Zweite Überarbeitung der Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen - im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dessau-Roßlau.
- Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Hofmann, A., Gutowski, A., Foerster, J. (2005): Bundesweiter Test: Bewertungsverfahren „Makrophyten & Phytobenthos“ in Fließgewässern zur Umsetzung der WRRL; LAWA- Projekt O 2.04, Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Vogel, A., Gutowski, A. (2012a): Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos; Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Vogel, A., Gutowski, A. (2012b): Weiterentwicklung biologischer Untersuchungsverfahren zur kohärenten Umsetzung der EG-WRRL - Teilvorhaben Makrophyten und Phytobenthos.
- Schönborn, W., Risse-Buhl, U. (2013): Lehrbuch der Limnologie. 2. Auflage, Stuttgart, S. 669
- Schubert, M. (2019b): fiBS-Bewertung Fischfauna, Regnitz vom Zusammenfluss von Rednitz und Pegnitz bis Zusammenfluss mit Main-Donau-Kanal, Referenz-Nr. 280, Probestelle: 2_F044_17984: Beprobungszeitraum 06.07.2016 bis 08.08.2018, Arbeitsblätter: Referenz, Probenahme, Ergebnis, Fischartencharakterisierung, Landesamt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei (LfL Fischerei), Stand Dezember 2019: 5 Seiten

- SUN (Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg) (2009): PFT-Untersuchungsprogramm der ARGE Gewässerschutz - Präsentation Zwischenbericht, Auswertung der bisher angefallenen Daten.
- SUN (Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg) (2011): Arzneimittel-Untersuchungsprogramm der ARGE Gewässerschutz, Abschlussbericht - im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Gewässerschutz obere Regnitz der Städte Erlangen, Fürth, Schwabach und Nürnberg.
- ube & chromgruen (2014): Korrelationen zwischen biologischen Qualitätskomponenten und allgemeinen chemischen und physikalisch-chemischen Parametern in Fließgewässern - im Auftrag des Sächsischen Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG) zum LAWA-Projekt O 3.12 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“
- ube & chromgruen (2015): Typspezifische Ableitung von Orientierungswerten für den Parameter Sulfat - Folgeprojekt im Auftrag des Sächsischen Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG) zum LAWA-Projekt O 3.12 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“
- ube & chromgruen (2017): Ergänzende Arbeiten zu Korrelationen zwischen biologischen Qualitätskomponenten und allgemeinen chemischen und physikalisch-chemischen Parametern in Fließgewässern - im Auftrag des Sächsischen Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG) zum LAWA-Projekt O 3.12 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“
- Uhlmann, D., Horn, W. (2001): Hydrobiologie der Binnengewässer. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag 528 S.

Internetquellen:

<https://bio-met.net/> : bio-met bioviability tool (Bio-met)